أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا
المجالس النوعية

هرمونات الحشرات

تأليف
ف. ب. وجلزوورث

ترجمة
دكتور / كارم السيد غنيم

١٩٨٧

أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا
المجالس النوعية

هرمونات الحشرات

تأليف
ف . ب . وجلزورث

ترجمة
دكتور/ كارم السيد غنيم

١٩٨٧

INSECT HORMONES

by

V.B.Wigglesworth

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم

يعد نشر الثقافة العلمية احد المجالات التى يوليها مجلس بحوث العلوم الاساسية بأكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا اهتمامه الخاص ،وذلك ايمانا منه بضرورة اعادة صياغة العقل العربى بما يتوائم مع ثورة التكنولوجيا العالمية ،والايقاع السريع الذى نشهده اليوم فى حركة العلم والبحث العلمى بما يمكن من الاسهام البناء فى قضايا التنمية ومن أجل حياة أفضل للاجيال القادمة .

ومن هذا المنطلق يقوم المجلس بتبنى الاعمال العلمية من مؤلفات ومترجمات وما نحوها فى مجالات العلم المتنوعه مستهدفا فى ذلك نشر المعارف العلمية بطريقة ميسرة على أكبر قاعدة من المواطنين ، إيمانا منه بأهمية ترسيخ الوعى والأسلوب العلمى طريقا فعالا لتفهم مشاكلنا القومية ،وسبيلا نحو المشاركة الايجابية فى قضايا المجتمع .

والمجلس يقدم هذا العمل العلمى كترجمة لكتاب هرمونات الحشرات ، ليعطى القارئ جرعة علمية قيمة فى أحد جوانب العلوم البيولوجية . ويسعدنى باسم المجلس أن أقدم الشكر الى السيد الدكتور كارم السيد غنيم ، الذى قام بهذه الترجمة الدقيقة الى اللغة العربية .

والمجلس ـ ونحن على أبواب الخطة الخمسية الثانية ـ ليهيب بعلمائنا بالمشاركة الفعالة فى تأليف وترجمة الكتب العلمية التى تهدف الى تبسيط العلم ونشر الثقافة العلمية الرفيعة ،ولا شك أن هذه الفرصة السانحة التى تتيحها الاكاديمية

فى اطار مسئوليتها القومية نحو العلم وتطبيقاته فى مصر ســـوف تجد من المشتغلين بالعلم استجابة ودعما لتحقيق هذا الهـــدف العلمى الكبير .

والله ولى التوفيق.

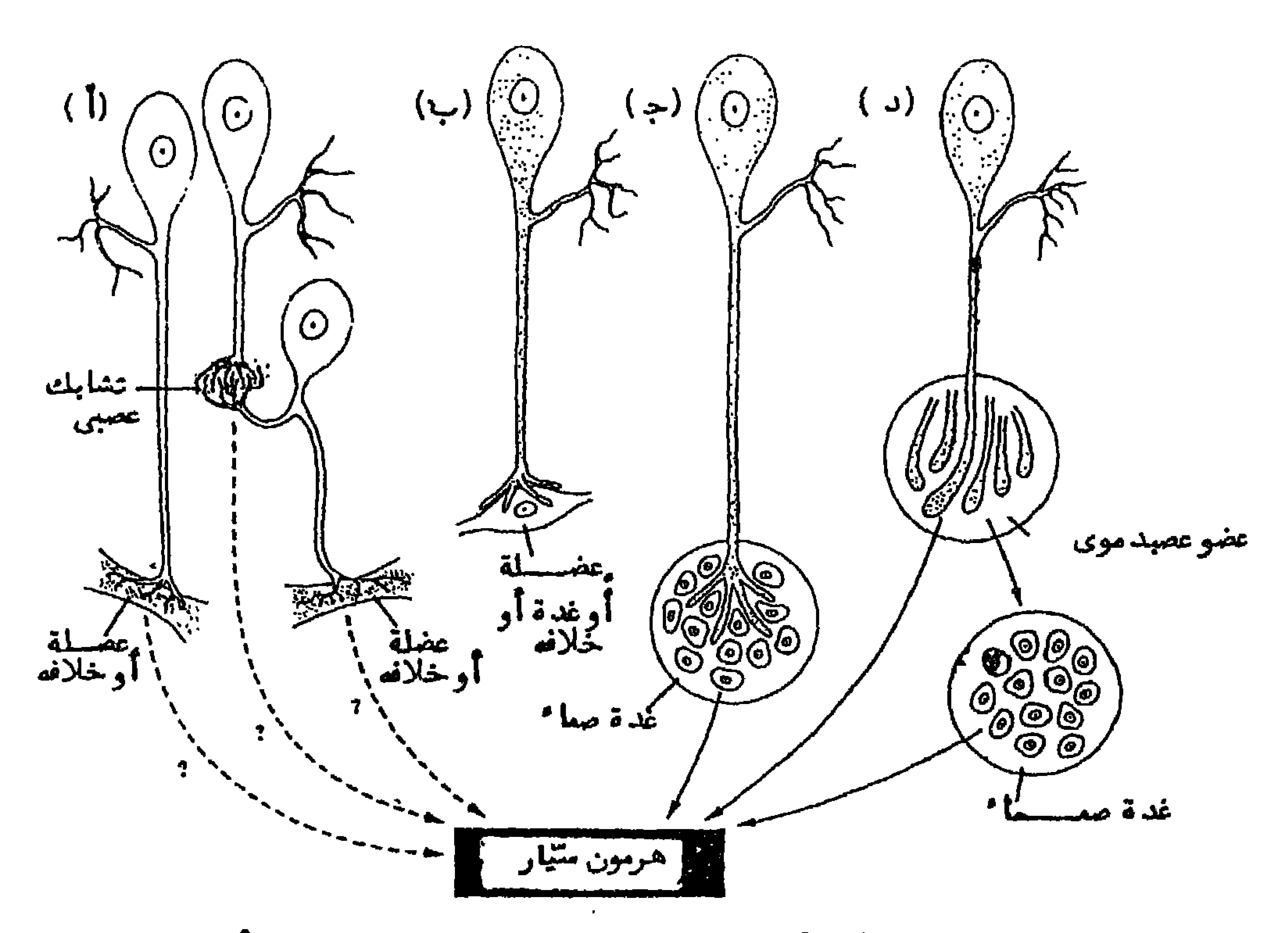
أ.د. محمود حافظ ابراهيم

رئيس مجلس بحوث العلوم الاساسية

المقدمة

تبعا لتعاليم حالينوس ، ذلك الطبيب الرومانى الذى سيطرت أفكاره فى علم وظائف الاعضاء لاكثر من الف سنة ، فان الدم الموجود فى الشرايين يكون محملا بأرواح حيوية ، وهى التى عند دخولها المخ تؤدى الى ظهور الارواح الحيوانية وانتشارها فى كافة انحاء الجسم عبر أعصابه، وتهيمن هذه الارواح على الانشطة المختلفة فى الجسم كحركة العضلات وانفعال اعضاء الحس بالمؤثرات الواقعة عليها . فى القرن السادس عشر ، قام فيزاليوس – وكان عالم عصره آنذاك – بطرح سؤال عما اذا كانت تلك الارواح الحيوانية ذات طبيعة معينة فى شكل مادة تنتقل عبر القنوات الدقيقة ، أو أنها خاصية (كالصوت أو الضوء) تنتقل عبر الاعصاب فى شكل مادة صلبة . ولقد ترك هذا العالم سؤاله المطروح دون جواب عليه ، الا أنه بانتهاء القرن التاسع عشر ، اصبحت فكرة انتقال مادة ما من المخ وانتشارها عبر الاعصاب الى انحاء الجسم المختلفة ، لا تحظى بالثبوت والتأكيد على وجه العموم .

بعد ذلك تم التعرف على طريقتين للاتصال فى داخل الجسم . :
أولاهما : النبضات الكهربية من والى الجهاز العصبى المركزى بواسطة الاعصاب .
والثانية : هى نقل الرسائل الكيميائية "الهرمونات" عبر تيار الدم ، لكن حدا فاصلا بين الطريقتين لم يتوصل اليه أحد حتى الان (شكل ١) . ولقد وجد أنه لكي يتم عبور مؤثرات عصبية ما لمنطقة التشابك العصبى Synapse بين خلية عصبية وأخرى غبر نهاية عصبية فى عضلة او فى غدة ما ، فان ذلك يحدث بوسائل كيميائية هى انطلاق ما يسمى "المرسل العصبى" Neurohumor , عند نهاية الليفة العصبية . يقوم هذا المرسل العصبى بتحفيز الخلية العصبية او الخلية العضلية أو الخلية الغدية المجاورة . كما يقوم هذا المرسل العصبى ذاته باحداث تأثيرات موضعية فى نقاط ظهوره ، ولكنه ينطلق أحيانا فى تيار الدم العام وبالتالى يتسع نطاق عمله وتأثيره ، ويعتبر " مضاد الكظرين" (أى الهرمون المضاد للادرينالين) من أشهر المرسلات العصبية فى الحيوانات الفقارية .

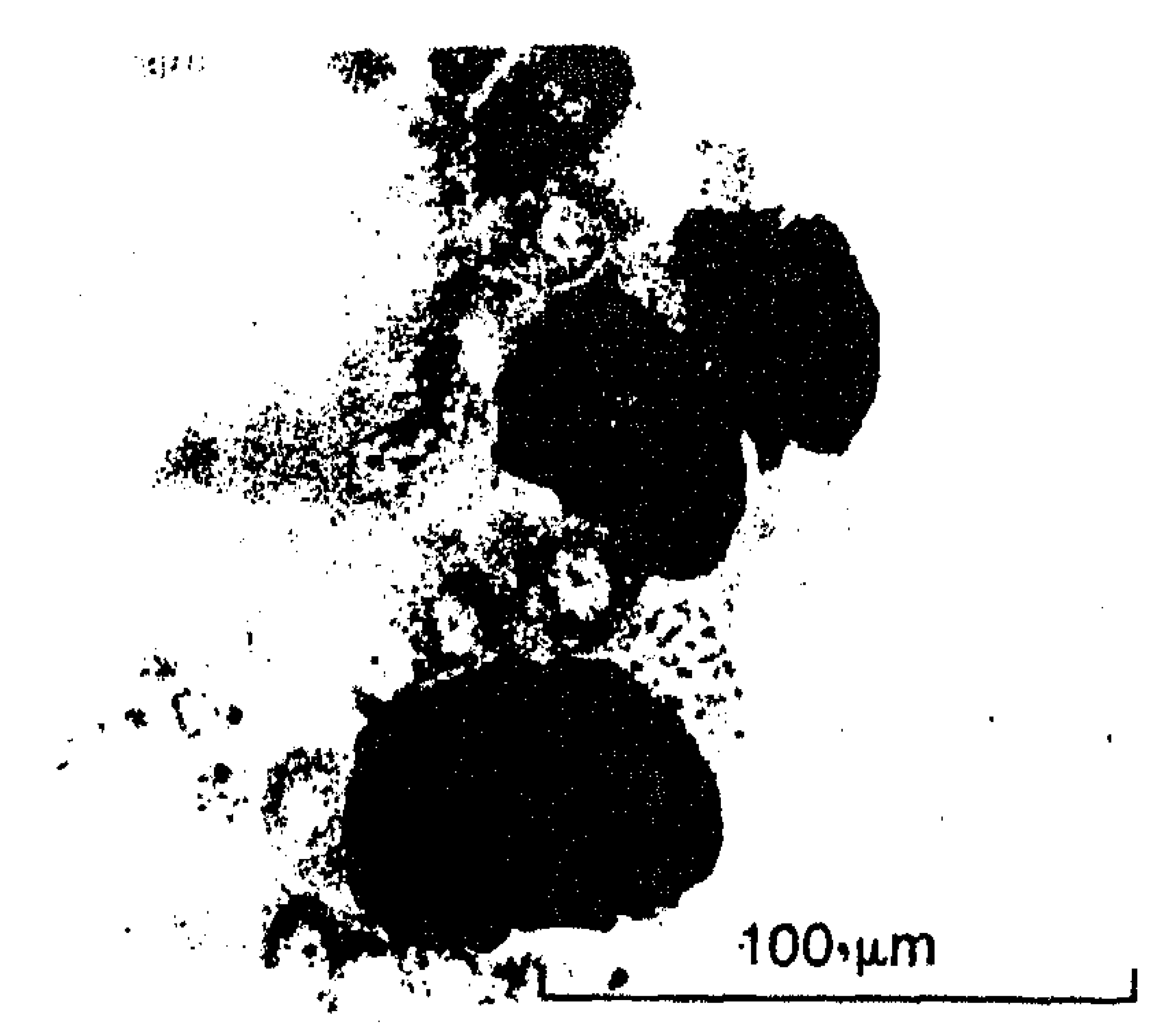


شكل (١) : شكل تخطيطى يوضح أنواع الافرازات الهرمونية فى الحشرات . (أ) خلية عصبية عادية ، منتجة للمرسلات العصبية عند أطراف الخلية (أى نقاط الاتصال العضلية أو العصبية الغدية) ، أو التشابك العصبى حيث تتقارب خلية مع الأخرى حتى لتكاد تلامسها . ليس من المعروف أين تطلق هذه المرسلات العصبية كأعضاء عصبدموية فى تيار الدم الجارى . (ب) خلية عصبية افرازية تطرح إفرازها مباشرة على عضلة ما أو خلية أخرى . (جـ) خلية عصبية افرازية تطرح إفرازها ليصل الى غدة صماء ما . (د) خلية عصبية افرازية يتحرر إفرازها عند عضو عصبدموى ، ليعمل هذا الإفراز مباشرة على الأنسجة أو ليعمل تأثيره فى غدة صماء ليحفزها على إفراز هرموناتها .

هناك طريقة أخرى لتبادل كل من الاعصاب والهرمونات التأثير على الاخرى : تقوم رؤوس الخلايا العصبية كلها بافراز مستمر لخامة تشكل مادة الليفة العصبية (أو محور الخلية)حيث يفيض خلالها الافراز فى بطء . الا أنه قد وجدت خلايا عصبية متخصصة (محاورها تستطيع نقل النبضات الكهربية كأى خلايا عصبية أخرى) تقوم با نتاج حبيبات كروية دقيقة من البروتين أو الببتيدات المتعددة (قطر الواحدة يتراوح ١٠٠ ، ٣٠٠ ميكرومتر ، وهى غالبا ما تكون معتمة فى الصورة الملتقطة لها بالميكروسكوب الالكترونى ، ولها صفات صبغية مميزة) . ومن ناحية

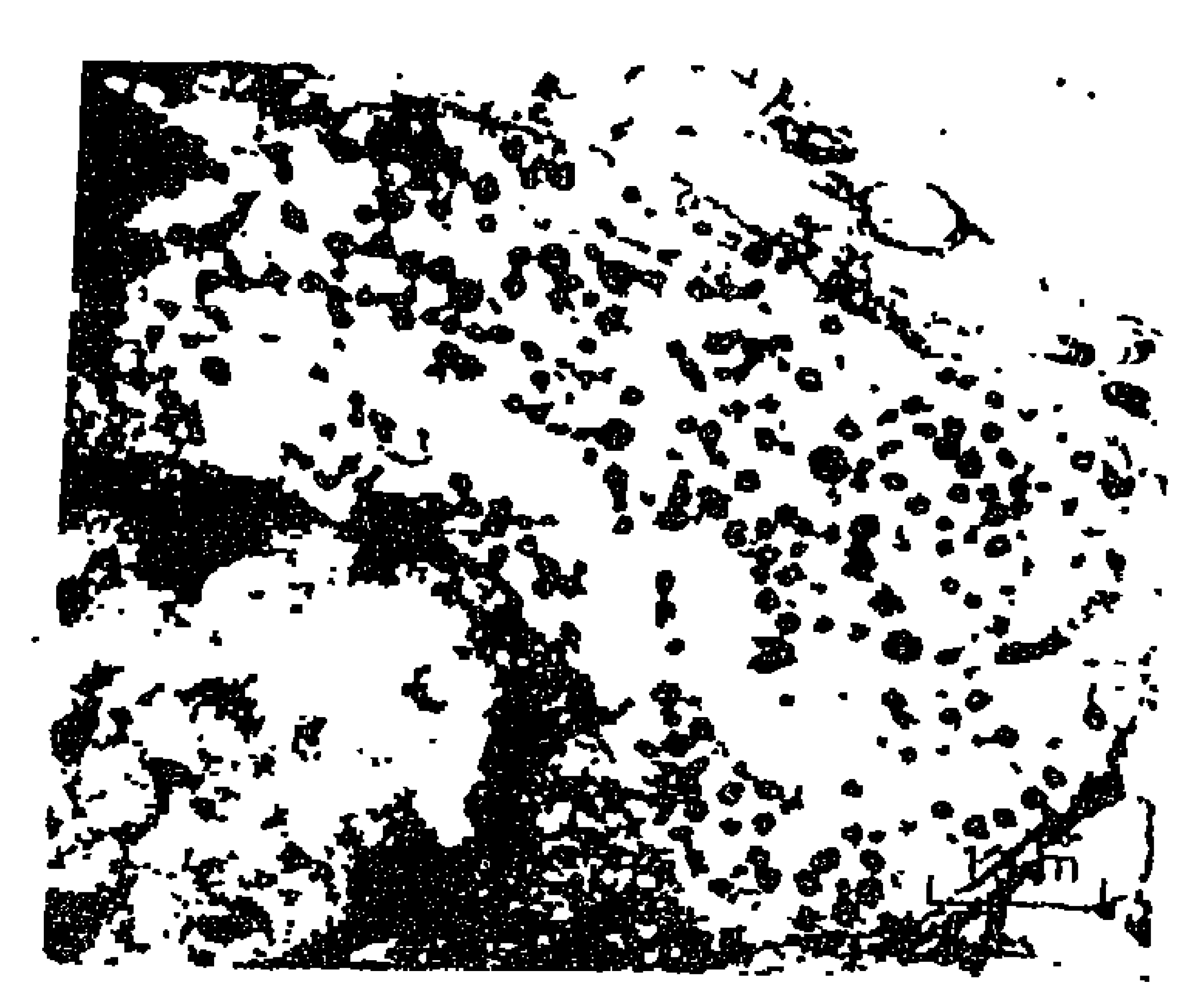
أخرى ، فان هذه الحبيبات تحمل عبر محاور هذه الخلايا العصبية ليتم تفريغها عند النهايات العصبية • مثل هذه الخلايا العصبية تسمى "الخلايا العصبية الافرازية" Neurosecretory Cells .

تنتشر الخلايا العصبية الافرازية انتشارا واسعا فى الجهازالعصبى المركزى فى الحشرات (شكل ٢) ، حيث تقع أجسامها (أو رؤوسها) عادة فى داخل هذا الجهاز ، وتنتهى اطراف محاورها بانتفاخات تتجمع مع بعضها البعض لتشكل ما يسمى " الاعضاء العصيدموية , Neurohemal organs وهى التى تعمل كبوابات فى طريق انطلاق وتحرر الافرازات العصبية من محاور هذه الخلايا الى تيار الدم العام (اشكال ٣ ، ٢٢) •



شكل (٢) : خلايا عصبية إفرازية فى مخ بقة الرودنياس ، وهى مصبوغة بلون داكن •

تقوم المواد المنتجة بواسطة الخلايا العصبية الافرازية باحداث تأثير موضعى خالص فى الاعضاء المستهدفة التى تدعمها وتعمل فيها ، فعندما تنتهى اطراف هذه الخلايا فى عضلات القلب مثلا ، فان انتاجها الافرازى يقوم بتنظيم ضربات القلب . ومن ناحية أخرى ، فقد تنطلق هذه الافرازات العصبية فى تيار الدم لتنتقل خلاله الى كافة الاعضاء والانسجة ، وبناء عليه جاءت التسمية الشائعة التى تسمت بها وهى



شكل (٣) : نهاية طرفية منتفخة لمحور خلية عصبية افرازية ، وتحتوى على الحبيبات الافرازية المتخصصة ، فى غدة الكوربس كارد ياكم لحشرة عضوية (صورة بالميكروسكوب الالكترونى) ٠

"الهرمونات العصبية" Neurohormones ٠ أما عن الطبيعة الكيميائية لهذه الهرمونات ، فانها عادة ما تكون ببتيدات متعددة ٠

تقوم هذه الهرمونات بأداء دورها الوظيفى فى الانسجة محل العمل اما بطريقة مباشرة أو من خلال تأثيرها فى غدد صم Endocrine Glands بتنشيط او تثبيط قدراتها الافرازية ٠ وبالنسبة للغدد الصم ، والتى تعتبر المصدر الرئيسى الاخر للهرمونات فى جسم الكائن الحى ، فانها تظهر فى مرحلة مبكرة فى أثناء نمو الجنين ، وذلك بعملية تبرعم لطبقة الاكتودرم فى منطقة الفم، ثم ترحل بعيدا عن موضع نشأتها لتصبح فى شكل أعضاء محددة تحديدا جيدا ٠

الهرمونات فى الحشرات

تعد الحشرات كائنات حية على درجة كبيرة من الاهمية فى دراسة مصدر وطريقة عمل وطبيعة الهرمونات ٠ فقد تم اكتشاف الوظيفة الهرمونية للخلايا العصبية الافرازية لاول مرة فى الحشرات ٠ كذلك فالحشرات تمدنا بأمثلة رائعة للهرمونات العصبية والاعضاء العصبدموية والغدد الصم والمرسلات العصبية ٠ هذا عن أهمية الحشرات فى

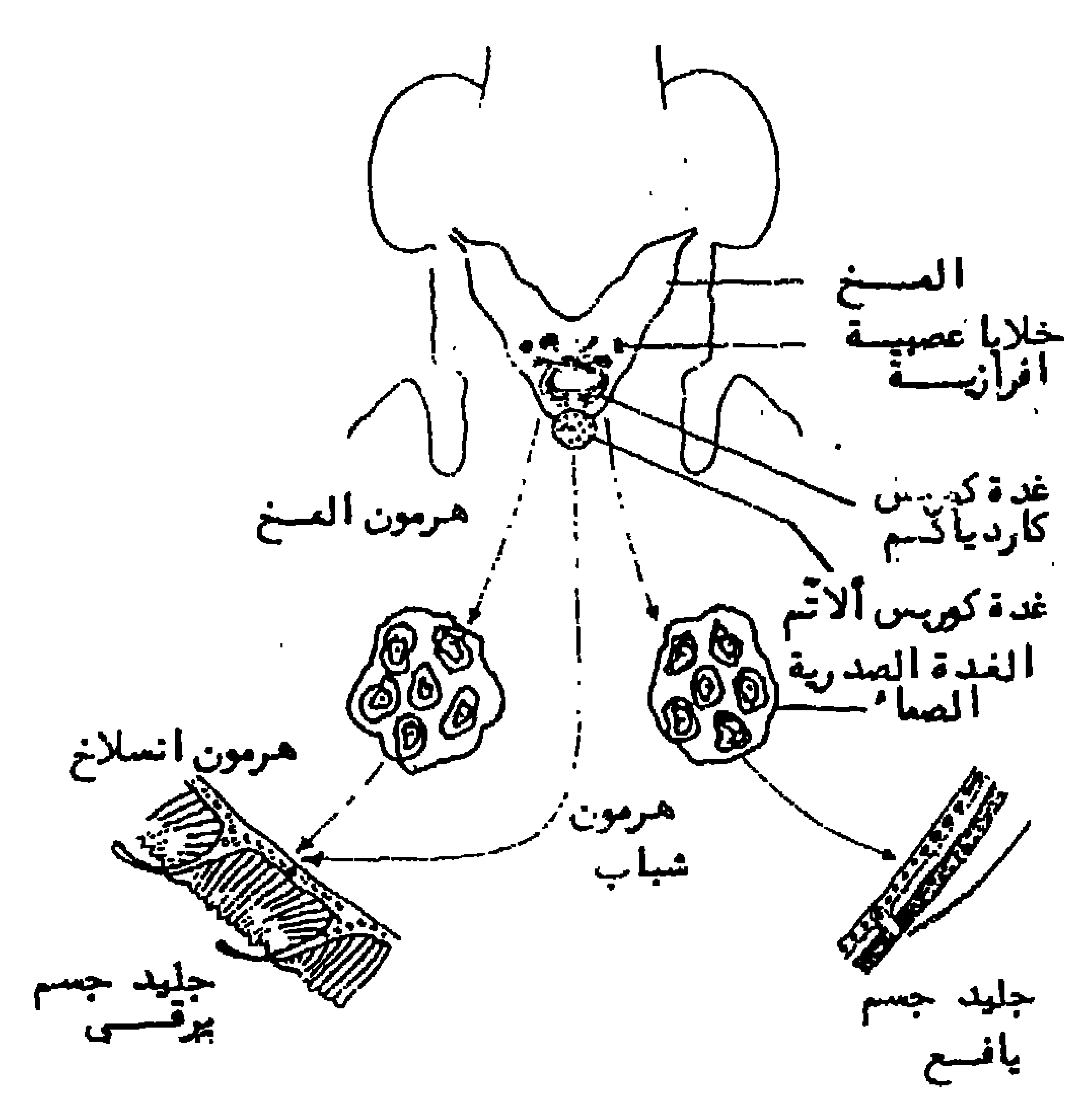
دراسة الهرمونات ، أما عن أهمية الهرمونات فى حياة الحشرات ، فانهـا تتدخل فى عمليات التشكل Morphogenesis , وتتحكم فـــى النمووالتناسل وكذا تنظيم حالات النمو المتوقف أو ما يسمى الكمـــون Diapause , كما أنها تنظم أيضا عملية ادرار البول Diuresis او احتباسه Antidiuresis , ومعدل ضربات القلب ، وتغييـرات اللون ،وجوانب متعددة من الأيض الوسيط • وباختصار، فـــان الهرمونات لها دخل فى كل جوانب فسيولوجيا الحشرات تقريبا •

الهرمونات والانسلاخ

تنتشر الخلايا العصبية الافرازية فىكافة العقد العصبيــــة الموجودة فى الجهاز العصبى المركزى • وتتحمل المجموعة المركزيــــة الموجودة فى مهاد المخ (Pars Intercerebralis) (شكل ٤) مسئولية تنظيم النمو• وهي خلايا من النوع (أ) تتلون باللون القرمـزى الداكن عند معاملتها بصبغة الفوكسين البارالدهيدى التى ركبها جومـورى Gomori , •ومن الناحية العددية ، فان ٥ ــ ٦ من هـــذه الخلايا توجد على كلاجانبى خط المنتصف فى تلك المنطقة من المخ (شكل ٢)، وقد يوجــد عدد هائل منها (يصل الى ١٠٠ أو يزيد) ، لكنهـــا صغيرة الحجم نسبيا ، فى الجراد• تقوم محاور هذه الخلايا باختـراق المسافات داخل الجسم حتى تصل غدة كوربس كاردياكـــم Corpus cardiacum , (يوجد منها زوج يسمى "كوربورا كاردياكا" فـــى الحشرات ، فيما عدا الحشرات نصفية الاجنحة وذوات الجناحين) ،وهذه الاخيرة تعتبر عضو عصبدموى نموذجى يقع بعد المخ مباشرة ، ومنهـــا ينطلق الهرمون الصادر من المخ (والذى يحتمل أن يكون من نـــوع الببتيدات المتعددة) ليجرى مع تيار الدم•

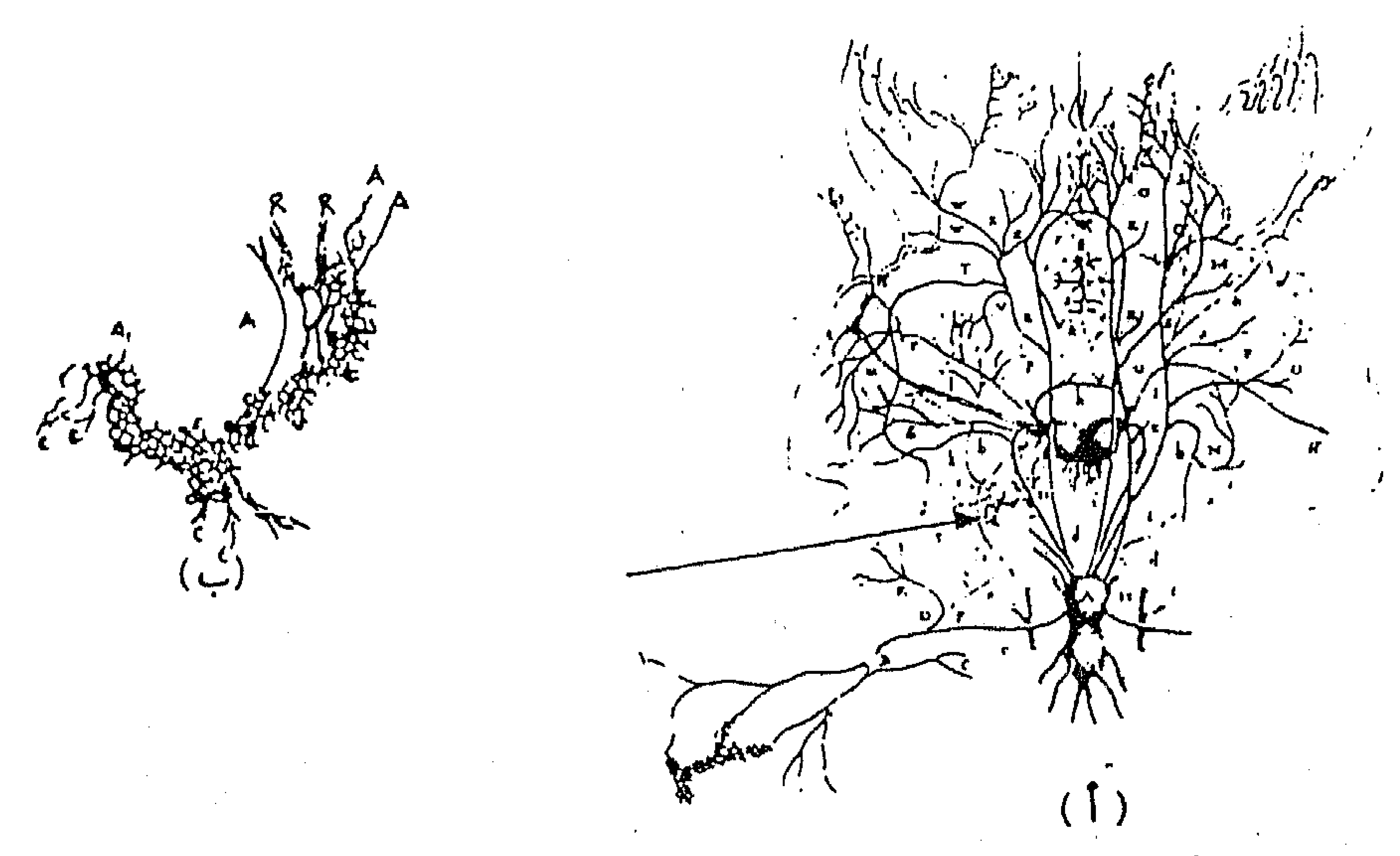
وعموما ، فان هرمون المخ (هـ خ) (وهو المسمى احيانــــا (الهرمون التنشيطى) أو (هرمون تنشيط الغدة الصدرية) لايقـــوم بأداء وظيفته فى الانسجة بطريقة مباشرة ، لكنه يقوم أولا بالتأثير علـى غدة صماء ــ واقعة فى الرأس أو الصدر ــ وتقوم هذه الاخيرة بانتـــاج

وتفريغ افراز هرمونى يذهب ليؤدى وظائف محددة. ونجد من هذه الغدد فى رؤوس الحشرات الاقل رقيا نوعا يسمى" الغدة السفلة Ventral gland ، بينما فى الحشرات الاكثر رقيا تبدو" الغدة الصدرية" (Prothoracic gland), واضحة فى العقلة الاولى من الصدر. ونتيجة لتأثير هرمون المخ على هذه الغدد الصم ، فان خلاياها تتضخم وتبدأ فى انتاج وافراز هرمون الانسلاخ (هـ ن) (شكل ٤).



شكل (٤) : الهرمونات المتحكمة فى النمو والتحول فى بقة الرودنياس. يحتوى المخ على خلايا عصبية إفرازية ، والتى تنتهى محاورها فى غدة الكوربس كارد ياكم حيث يتحرر منها هرمون المخ (أو الهرمون التنشيطى) ليسير فى تيار الدم. وهذا يذهب ليؤثر على الغدة الصدرية الصماء لكى تقوم بإفراز هرمون الانسلاخ. حينما يؤثر هرمون الانسلاخ بمفرده على خلايا بشرة الجسم (ناحية اليمين فى الرسم) ، فإن هذه الخلايا – أثناء الانسلاخ – تقوم بإنتاج الجليد الخاص بالطور اليافع. بينما إذا شاركه هرمون الشباب (الآتى من غدة الكوربس الآتم) التأثير، فإن خلايا البشرة (ناحية الشمال فى الرسم) تنتج الجليد الخاص بالطور اليرقى.

خلال بحوثه التقليدية على يرقات فراشة الماعز ، قام ليونست Lyonest سنة ١٧٦٢م بوصف الغدد الصدرية ورسمها (شكل ٥) ، الا أنه ، على أية حال ، لم يستطع تحديد وظيفتها . ولقد اتضح بعد



شكل (٥): (أ) التركيب التشريحي لرأس يرقة فراشة الماعز كما تصورها ليونت سنة ١٧٦٢م. الغدة الصدرية الصماء موضحة شمال أسفل الرأس ، وبها المدد العصبي الآتي اليها من العقدة العصبية تحت المريئية . الأشياء الصغيرة المشار اليها بحرف (م) أسفل المخ على الجانب الأيسر هي خلايا ليونت، وقد وصفها بأنها تتصل بالمخ عن طريق عصبين ، وهي اندماج غدة الكوربس كارد ياكم وغدة الكوربس ألاتم معا . (ب) تفصيل الغدة الصدرية الصماء.

سنة ١٩٤٠م أن الازالة الجراحية لهذه الغدد من جسد احدى يرقات دودة الحرير ثم نقلها واستزراعها في النصف الخلفي المربوط من جسد يرقة أخرى لنفس النوع الحشري ، أدى الى امكانية حدوث عملية الانسلاخ في هذه المنطقة .

يستطيع هرمون الانسلاخ أن يزاول أعماله على الانسجة في أنحاء الجسم المختلفة خصوصا على خلايا البشرة في جدار الجسم ؛ وهي الخلايا المسئولة بالدرجة الاولى عن النمو والانسلاخ في الحشرات، فتقوم هذه الخلايا ـ تحت تأثير هرمون الانسلاخ عليها ـ ببدء تصنيع الاحماض والبروتينات ، ثم تفصل نفسها عن الجليد القديم لجدار الجسم ، وتأخذ في الانقسام والتضاعف العددي ، وبعده تنتظم

فى شكل محدد لتفرز خامات الجليد الجديد[x] ، كما أن نفس هذه الخلايا تقوم بافراز انزيمات تذيب بها الطبقات الداخلية للجليد القديم ، والذى فى النهاية تخلعه الحشرة وتطرحه عن نفسها ؛ وفى غضون هذه العملية ، تقوم العضلات والاعضاء الداخلية المختلفة بقطع أشواط من النمو الضرورى فى حياة الحشرات . ولابد آنذاك من توارد متواصل لهرمون الانسلاخ فى مناطق النمو المختلفة وذلك حتى تدعم عملية نموه العام ويوءازرها .

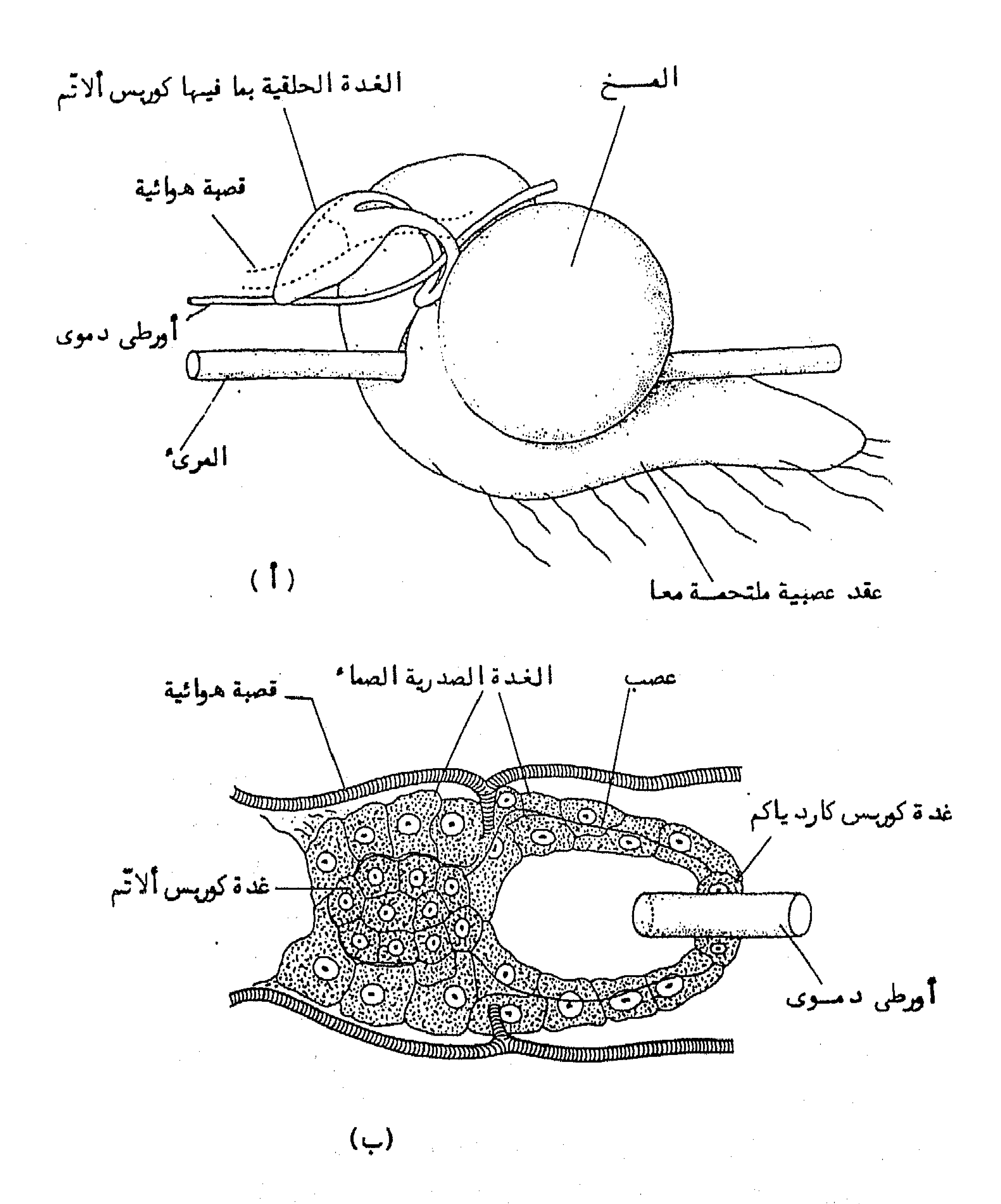
يتباين الشكل التشريحى للاعضاء العصبدموية والغدد الصم كثيرا فى الحشرات المختلفة ، فنجدها فى أنواع من الحشرات ذات الجناحين فى شكل عضو مركب يسمى " الغدة الحلقية" Ring gland (شكل ٦) ، التى فيها يلتحم كل من الغدد : كوربس الاتم ، كوريس كاردياكم ، والغدة الصدرية (التى توجد على جوانب هذه التركيبة) ، وتحيط هذه التركيبة المعقدة بالاورطى الدموى حيث تقع الكوربس كاردياكم فى جهته السفلى .

التحكم فى الانسلاخ فى بقة الرودنياس :

تمثل البقة الماصة للدم , Rhodnius prolixus (شكل ١١ ب) ، وهى التى يبلغ طول الحشرة اليافعة فيها ٢ سم، حشرة مفيدة فى دراسة دور الهرمونات فى النمو ، ويرجع ذلك الى أنها

---

x طبعا هذه الاحداث تتم ابان عملية انسلاخ جدار الجسم لتجديد جليده ، وهى عملية ضرورية فى الحشرات لامكانية نمو الجسم وتحوله من طور الى طور ومزاولة حلقات الحياة المتتابعة (المترجم) .



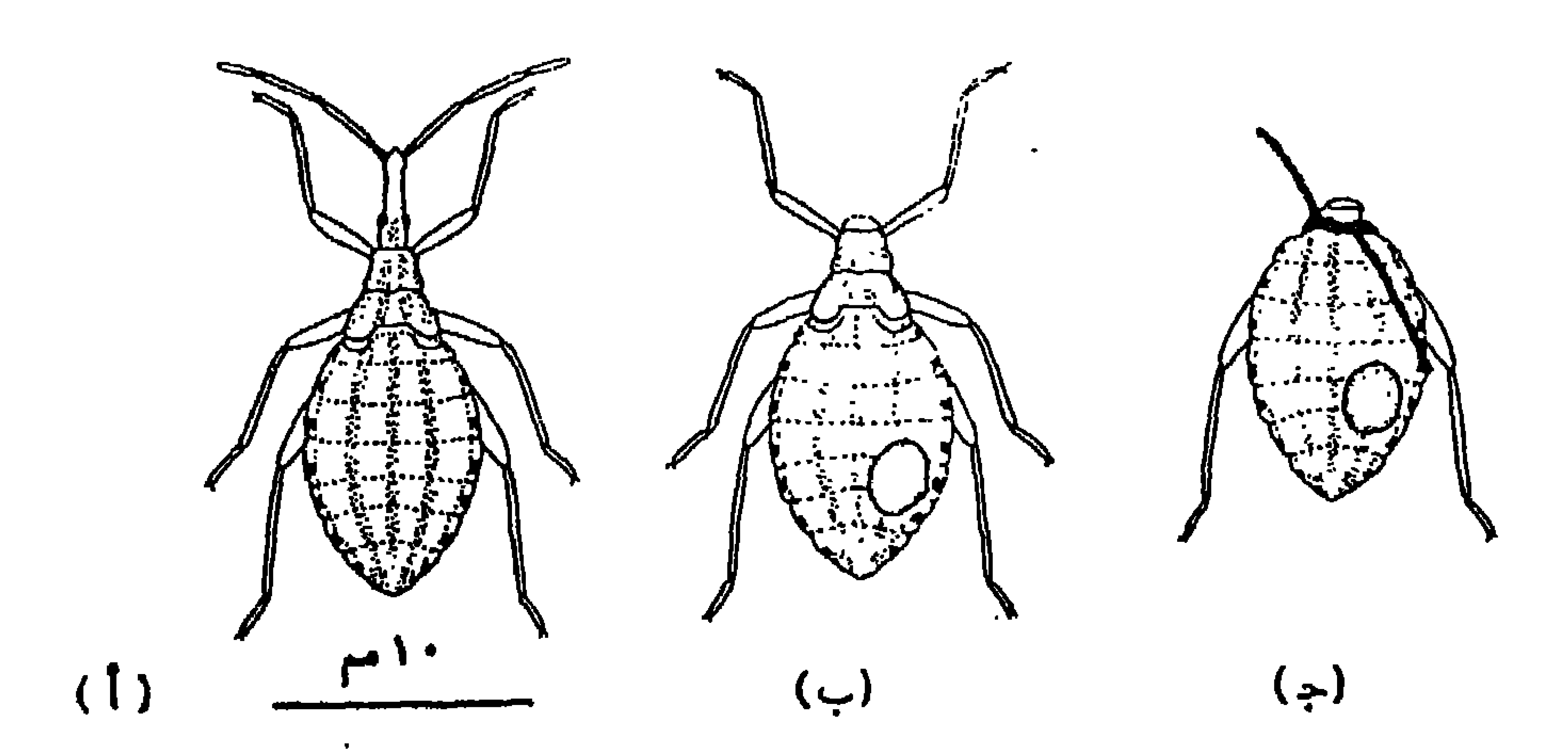
شـكل (٦) : (أ) رسم تخطيطى للجهـاز العصبى المركـزى والغدد الصـم فى ذبابة الفاكهة ٠
(ب) رسم تخطيطى يوضـح بالتفصيل "الغدة الحلقيـــــة" ٠

لا تتناول سوى وجبة غذائية واحدة فى كل دور يرقـــــى (Larval Instar) [×] , فبعد أن تمتص الحشرة من دم عائلهـا وجبة مشبعة ، ينتفخ بطنها ويؤدى ذلك الى شد بعض الاعصـــاب الموجودة فيه مما يولد فى الخلايا العصبية — التى تنبثق عنها هـــذه الهرمونات — اثارة تصل منها الى المخ والذى يقوم على اثر ذلك بافـــراز هرمونه لينطلق فى الدم متجها نحو الغدة الصماء المسئولة عن افـــراز هرمون الانسلاخ ، فيحفزها لتقوم بدورها فى افراز هذا الهرمون .

ولكى نثبت ضرورة الغدة الصدرية الصماء لتنفيذ عملية الانســلاخ، ونوضح دور هرمون المخ فى تنشيطها لاداء هذه الوظيفة فانه يمكن عــرض نتائج عدة تجارب اجريت على بقة الرودنياس وهى كمايلى : بمجـــرد تناول احدى يرقات هذه البقة لوجبة دم نقوم بقطع رأسها، يلاحـــظ توقف النمو حيث لا يحدث انسلاخ ، وان كانت هذه الحشرة مقطوعـة الرأس (شكل ٧ب) تستطيع أن تواصل حياتها لعدة أشهر. نأتـــى على احدى يرقات هذه الحشرة [××] بعد بدء انسلاخها مباشرة (ونقـــوم بنزع مجموعة الخلايا العصبية الافرازية النشطة من مخها بطريقة جراحية دقيقة) ،ثم نقوم بنقل واستزراع هذه الخلايا فى بطن اليرقة مقطوعـــة الرأس سابقا ، فنلاحظ استئناف النمو حيث يحدث الانسلاخ الى درجـــة

× اى بين كل انسلاخين تأخذ الحشرة وجبة دم واحدة من جسم الحيوان العائل (المترجم) .

×× كان استخدام لفظة "حورية" (Nymph) شائعاالى عهد قريب جدا للدلالة على الطورغير البالغ فى حياة الحشرات ناقصة التحول (Hemimetabolous insect) ، وانحصار استخدام لفظة" يرقـــــة" أو"يرقانة" (Larva) على اول طور بعد فقس البيض مباشـــرة وذلك فىالحشرات كاملة التحول Holometabolus insect . الا ان لفظة "يرقة"أصبحت هىالمتداولة الان بين اغلب جمهور العلماء والباحثين فى علم الحشرات ، وذلك للتعبير عنالطـــور المتحرك المغتذى غيرالناضج جنسيا اوشكليا فى حياة أية حشرة (المترجم) .



شكل (٧) : (أ) الدور البرقى الرابع العادى فى بقة الرودنياس. (ب) الدور السابق نفسه بعد قطع رأسه سوف ينسلخ لو نقل واستزرع فى بطنه مخ نشط أو غدة صدرية صماء. (جـ) الدور البرقى نفسه بعد ربط الجسم عند الحلقة الصدرية الأخيرة، سوف ينسلخ فقط اذا نقلت واستزرعت فيه غدة صدرية صماء نشطة.

تكوين جليد جديد تحت الجليد القديم لجدار الجسم. ويمكن تفسير هذه المشاهدة بأن هرمون الخلايا العصبية الافرازية المنزوعة قام بتنشيط الغدة الصدرية الصماء وهى التى قامت بافراز هرمون الانسلاخ لتنفيذ هذه العملية لجدار الجسم. هل هرمون المخ هو المشرف المباشر على عملية الانسلاخ؟ أم أن هناك جهة أخرى غيره تقوم بالاشراف على هذه العملية؟ لمعرفة الجواب نلاحظ الخطوة التجريبية الاتية :فى برقة ما من هذه الحشرة ، وبعد اغتذائها مباشرة، يربط البطن من بدايته وتقطع منطقة الصدر ومعها الرأس ؛ تجرى لهذا البطن المعزول (شكل ٧ جـ) عملية استزراع خلايا عصبية افرازية منقولة من مخ برقة أخرى مرافقة ، فنلاحظ عدم ظهور بوادر عملية الانسلاخ أو ما يدل على بدايتها ، بينما فى حالة استزراع غدة صدرة صماء نشطة بدلا من تلك الخلايا العصبية ، نلاحظ ظهور بدايات عملية الانسلاخ فقد قامت افرازات هذه الغدة (أى هرمون الانسلاخ) بالتأثير المباشر على بشرة جدار الجسم ، فحثها على برمجة العملية والقيام بها.

بدء افراز هرمون الانسلاخ :

كما رأينا فى بقة الرودنياس ، فان تفريغ هرمون المخ التنشيطى من الخلايا العصبية الافرازية الموجودة فى المخ ، لايبدأ الا بحث عصبى آت من موءثر اصيل , Proprio ceptive organs (وهو حالة الشد فى البطن المنتفخ بعد الشبع) داخل الجسم منتقل عبر اعصاب معينة ليصل الى المخ . هناك موءثرات أخرى تقوم بتأثير مضاد وعمل على ايقاف افراز هرمون المخ وبالتالى تثبيط نشاط الغدد الصدرية الصم فلا تحدث عملية الانسلاخ فى يرقات بعض الحشرات كالذبابة الزرقاء Lucilia أو فراشة الشمع Galleria .ومن هذه الموءثرات فعل عملية الاغتذاء ، الظروف البيئية العسيرة، أواتخاذ جسم الحشرة لوضع غير معتاد له فى وسط المعيشة .

وفى حالة دودة التبغ المقرنة Manduca ، يلاحظ أن اتخاذ آخر دور يرقى لحجم أو وزن معين يبدو أنه طريقة لدفع اليرقة الى السعى نحو تنفيذ عملية انسلاخ ، الا أن الموءثر المطلوب يأتى من قبل الخلايا العصبية الافرازية فقط عند ساعة محددة خلال النهار . توءدى الموءثرات الكهربية ، كالنبضات العصبية الطبيعية، الى تفريغ الهرمون من نهايات محاور خلايا غدة الكوربس كاردياكم. ثم عند وصول غدة الصدر الصماء ، يقوم هذا الهرمون بحض خلاياها على تصنيع وانتاج وافراز هرمون الانسلاخ بطريقة "المرسل الثانىأوالدورى" , Cyclic AMP .

علاقة هرمون الانسلاخ بعملية الكمون (أوالخمود) فى الحشرات :

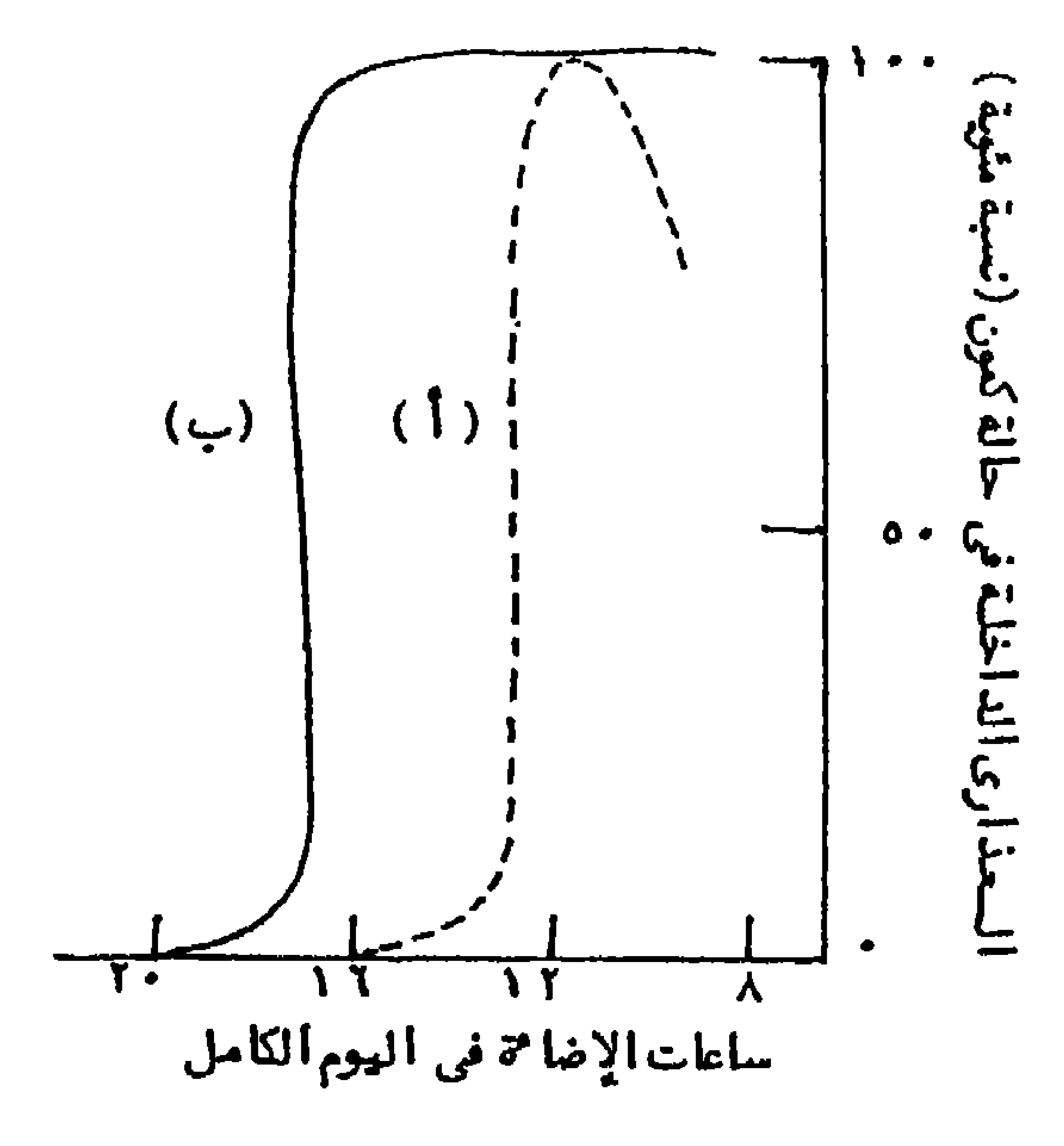
توءدى عملية قطع رأس يرقة بقة الرودنياس الى توقف النمو ودخول الحشرة فى حالة من السبات المشابه للتوقف الطبيعى فىالنمو المسمى "الكمون" — وهو الذى يحدث أثناء ظروف مناخية أو بيئية عسيرة كبرد الشتاء أو حرارة وجفاف الصيف . مما يدعو الى امكانية حدوث

الكمون نتيجة لتوقف الافرازات الهرمونية فى الحشرة[*] ، معنى ذلــــك أن حدوث كمون (أو خمود) فى يرقة أو عذراء (وتسمى أحيانا " خـــادرة ") يعزى الى فشل الافراز الهرمونى للغدة الصدرية الصماء ، او المخ بصفـة اساسية . أثناء تقضية العذارى لفصل الشتاء ، فان الخلايا العصبيـة الافرازية فى دودة الحرير العملاقة , Hyalophora cecropia تكون فى حالة غيرنشطة، ومن ثم تصبح مثقلة بالمنتج الافرازى دون تفريغ له خارج المخ ، ثم يأتى النشاط لهذه الخلايا واستئناف قدرتها علـــــى تفريغ محتوياتها الافرازية ، بعد تعرض الحشرة فترة طويلة لدرجـــــة حرارة منخفضة . ولوحظ أيضا أن نقل مخ واستزراعه فى حالته النشطة — بالطريقة المذكورة سابقا — فى عذراء خامدة سوف يؤدى الى انهاء فتـرة الخمود ومعاودة النمو من جديد .

هناك عوامل مؤثرة مختلفة تؤدى الى ايقاف افراز الهرمــــون ، وبالتالى يتسبب عنه دخول الحشرة فى كمون شتوى ، وأكثر العوامــــل أهمية هو قصر طول النهار فى فصل الخريف ، حيث تقل فترة الاضاءة اليومية ، وهو المؤثر الذى ينفذ عبر جلد الجسم ليصل الى المـــخ مباشرة دون أن يكون للعيون دخل فى عملية توصيله (شكل ٨). فـــى المناطق المعتدلة المناخ ، وجد أن طول النهار الذى يؤدى الــــى احداث كمون للحشرة يختلف تبعا لخط العرض . فمثلا : أنــــواع الحشرات حرشفية الاجنحة التى يمتد انتشارها لخطوط عرض كثيـرة ، تكوّن سلالات وراثية كل واحدة منها متكيفة للاستجابة مع فترة اضـــاءة يومية معينة . أما التأثير الفسيولوجى لطول النهار فانه يؤجّل الــــى وقت طويل ، فالكمون الذى يدخله آخر دور يرقى فى ذبابة اللحـــــم , Sarcophaga يمكن تحديده بدلالة النهار القصير (أى فترة الاضاءة اليومية القصيرة) الذى تستقبل ضوءه الاجنة النامية فى بطن الام بعـــد أن تنفذ اليها الاشعة الضوئية من جليد جدار البطن . أما فى المناطـــق

---

[*] فمن المعروف سابقا أن أغلب مصادر الهرمونات توجد فى منطقـــة الرأس (المترجم) .



شكل (٨) : تأثير فترة الاضاءة اليومية أثناء الحياة اليرقية وذلك على حدوث حالة الكمون فى عذارى نوعين من الحشرات حرشفية الأجنحة .
(أ) Grapholitha molesta فى كاليفورنيا .
(ب) Acronycta rumicis فى روسيا .

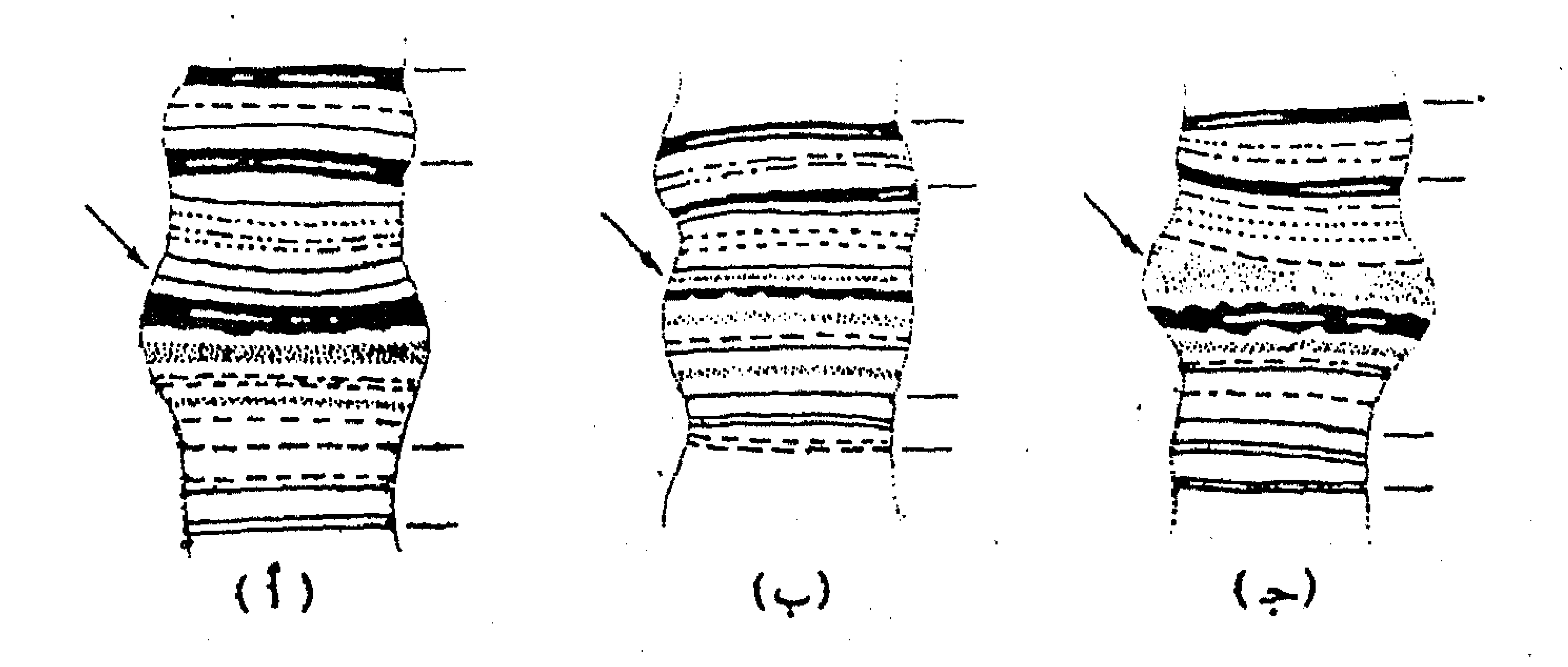
الاستوائية ، فلا تتأثر الحشرات بطول النهار ، بمعنى أن فترة الاضاءة اليومية ليس لها دخل فى احداث الكمون لهذه الحشرات ، وانما الذى يتدخل فى ذلك هو الحرارة ، فثاقبات الذرة الغرب جنوبية Diatraea , ينتهى كمونها اذا ارتفعت درجة الحرارة المحيطة بها عن ٣٠°م حتى ولو كان النهار قصيرا . اما الحشرات الموجودة عند خطوط العرض الشمالية ، فيمكن ايقاف كمونها ووضع نهاية له اذا تعرضت فقط لدرجات حرارة منخفضة لفترة طويلة ، ويرجع هذا الى ان العمليات الفسيولوجية المتعلقة بالكمون لا تتم الا عند درجات حرارة منخفضة. وعلى العكس من ذلك ، فان الكمون فى حشرات المناطق الحارة تحتاج فترة من البقاء عند درجة الحرارة العالية. فى هذه الحشرات تكون درجة الحرارة المثلى المطلوبة لعملية " الكمون الانمائى" عالية القيمة .وعموما ،فان فترة طول النهارنفسها تتحكم فى إنهاء عملية الكمون فى اغلب الحشرات.

وفى بعض الحشرات ، كيرقات أنواع معينة من الرعاشات وأبى دقيق اليابانى Luehdorfia فانه لا يعتريها سوى كمون قصير المدة ، لكنها تبقى خاملة فى درجة الحرارة المنخفضة أثناء الشتاء حتى يأتيها دفء ايام الربيع القادمة.

كيفية أداء هرمون الانسلاخ لعمل :

كان أقدم تأثير استطاع الباحثون ملاحظته على هرمون الانسلاخ في بقه الرودنياس هو تنشيط خلايا البشرة الخاملة وظهور التغييرات المطلوبة لاستئناف عملية تصنيع البروتين (ومن ثم النمو) ، ففي غضون ساعة او أكثر قليلا ، تبدو عملية تصنيع حمض الريبوز النووى RNA واضحة حيث تتضخم نويات الخلايا ويكثر في سيتوبلازمها البروتين الريبونووى ، وأيضا يكبر حجم وتتعدد وحدات الميتوكوندريا ، وهى تغيرات لا تعزى ببساطة الى عملية التغذية ، وانما الى شئ آخر لانها تحدث فقط فى وجود هرمون الانسلاخ ، كما أنها تؤدى الى ارتفاع ملحوظ فى معدل استهلاك الاكسجين •

ومبدئيا ، فان استئناف عملية تصنيع البروتين يمكن اعتباره اعادة تنشيط عام لخلايا البشرة والذى ربما يرجع الى تأثير الهرمون على خاصية النفاذية فى سيتوبلازم وأنوية هذه الخلايا •وعلى أية حال ، فلقد أضحى واضحا الآن الاعتقاد بأن هرمون الانسلاخ يؤدى دوره فى هذه الخلايا بتأثيره على الجينات Genes او المورثات نفسها فى الانوية • فعند تعرض انسجة الغدد اللعابية فى يرقات حشرة الدروسوفيلا Drosophila أو الهاموش Chironomus , لجرعات من الهرمون ، فان أحزمة أو أشرطة معينة على الكروموزومات (أوالصبغيات) البوليتينية العملاقة تصبح مرئية وتأخذ شكل انبعاجات Puffs ، وبعضها يظهر بعد ١٥ دقيقة من لحظة المعاملة الهرمونية ، بينما يظهر البعض الاخر بعد ساعة أو ساعتين (شكل ٩)• ومن المعتقد أن أحزمة الكروموزومات تمثل مواقع جينية خاصة على الكروموزومات • كما أنه من المعتقد أيضا ان أحماضا ريبونووية مرسلة (m RNA) ، تصنع كخطوة أولى فى عملية انتاج بروتينات انزيمية خاصة لازمة للنمو والانسلاخ• ولقد وجد أن حقن هرمون الانسلاخ فى حشرة الدروسوفيلا يؤدى الى دوزة من الانبعاجات تتضمن ١٥٠ انبعاج تقريبا ، وكثير منها يظهر نتيجة لعمليات بدأتها انبعاجات ظهرت مبكرا• وهى انبعاجات تبدو فى تتابع منتظم فى كافة أرجاء جسم الحشرة•



شكل (٩) : الانبعاج الحادث فى الموضع ١٨ ــ جـ على الكروموزوم رقم "١" فى الغدد اللعابية لحشرة الهاموش بعد حقنها بهرمون الانسلاخ ٠ (أ) الحالة العادية بدون حقن ٠ (ب) الحالة بعد ٣٠ دقيقة من الحقن ٠ (جـ) الحالة بعد ساعتين من الحقن ٠

التركيب الكيميائى لهرمون الانسلاخ :

فى سنة ١٩٥٣م تم العزل الكيميائى لهرمون الانسلاخ من عذارى دودة الحرير ، وثبت أنها مادة استيرويدية Steroids ذات علاقة بالكوليستيرول ، والذى يتم تصنيعها منه بواسطة الغدد الصدرية الصم ٠ وتتميز هذه المادة بأنها أكثر المواد الاستيرويدية ذوبانا فى الماء لان جزيئاتها مزودة بعدد من مجموعات الهيدروكسيل اكثر من غيرها ٠ توجد لهذا الهرمون عدة صور فى الحشرات ، أولها اكتشافا هو هرمون الانسلاخ ــ أ (α-ecdysone) وهيكله الكيميائى موضح فى شكل (١٠) بالمقارنة بالكوليستيرول . وتقوم الغدة الصدرية الصماء بافراز هرمون الانسلاخ ــ أ ، والذى عند تعرضه للجسم الدهنى *

---

* يطلق لفظ" الجسم الدهنى" على كميات كبيرة منتشرة فى تجويف الجسم العام من الانسجة الدهنية التى تعتبر مواقع انتاج عدد من المركبات الكيميائية الضرورية للجسم ، وبالتالى فيعتبر هدفا للتأثير كثير من الهرمونات والانزيمات (المترجم) ٠

كوليستيرول

هرمون الانسلاخ ـ أ

هرمون الانسلاخ ـ ب

شكل (١٠) : الصيغ الكيميائية الهيكلية لهرمونات الانسلاخ (أ ،ب) ، مقارنة بالكولسترول ، لايضاح توزيع مجموعات الهيدروكسيل .

والبشرة وبعض الانسجة الاخرى بالجسم ، يتحول بسرعة الى صورة أخرى اكثر فاعلية ونشاط هى هرمون الانسلاخ الهيدروكسيلى ـ٢٠ ، وهو المعروف بالاسم " هرمون الانسلاخ ـ ب" (β-ecdysone or ecdysterone) ، وهذه هى الصورة الهرمونية التى يوءثر بها الهرمون مباشرة فى عملية الانسلاخ . ومن الامثلة التى توضح أن فعالية (ب) أكثر منها فى (أ) ، فان مقارنتهما بالنسبة للتأثير على نمو وتكوين براعم اعضاء الشكل اليافع فى حشرة الدروسوفيلا تثبت تفوق فعالية الاول عن الاخر بحوالى ٢٠٠ مرة . وربما يختلف التأثير الذى يقوم به هرمون الانسلاخ ـ أ عما يقوم به الهرمون ـ ب خلال عملية الانسلاخ المعقدة . وأما عن مناطق وجودهما فلقد تم الكشف عنهما فى كثير من أنسجة الحشرات اثناء عملية التئام الجروح ، لكنهما اكثر شيوعا فى عملية الانسلاخ ؛ كما أن وجودهما غير قاصر على الاطوار غير اليافعة فى الحشرات بل توجد الصورتين فى الطور اليافع خصوصا فى مبايض الاناث البوالغ .

على الرغم من أن الغدة الصدرية الصماء تعمل كمركز جيد لتصنيع وافراز هرمون الانسلاخ ، الا أن التجارب قد بينت فى يرقات خنفساء البطاطا Leptinotarsa ، ودودة الحرير Bombyx

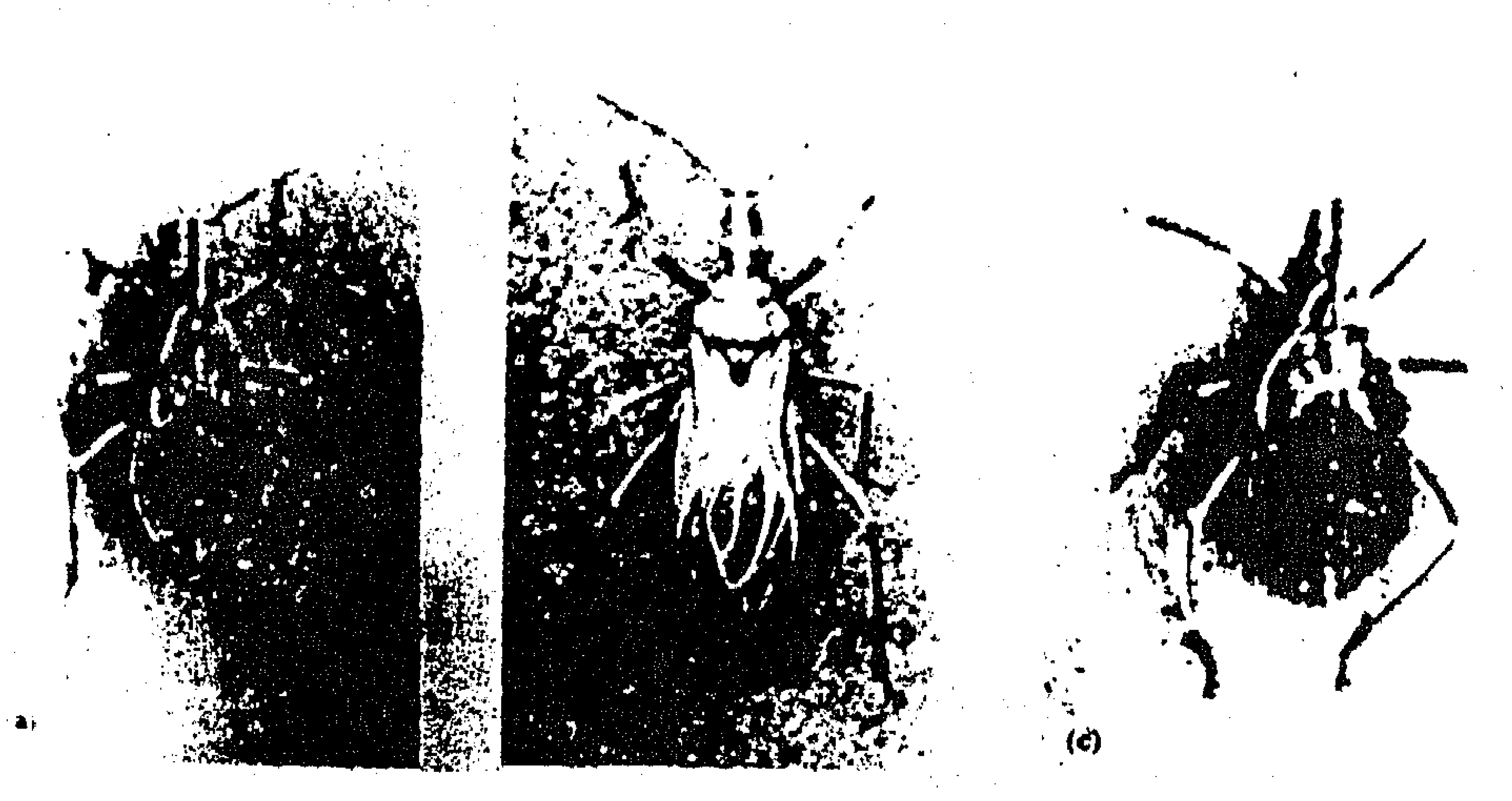
ويرقات حرشفيات أجنحة أخرى ، أن بطن الحشرة المقطوع من الجسم
لديه القدرة على تحويل ا لكوليستيرول المميز بحلية ما الى هرمون
انسلاخ مميز بنفس الحلية ؛ وربما تكون الغدة الصدرية الصماء لها دور
فى اعانة هذه الانسجة البطنية على تصنيع هذا الهرمون او تحويله من
مادة أخرى ٠

تقوم مركبات هرمون الانسلاخ المشتقة بوسائل كيميائية باحداث
تأثيرات مماثلة للهرمون الطبيعى ، وذلك عند حقنها فى جسم الحشرة.
فان أغلب الحشرات يمكنها استكمال انسلاخها اذا أعطيت الواحدة منها
جرعة هرمون خارجية تقدر بحوالى ١٠ ميكروجرام فى الجرام٠ وليس
هذا وقفا على الاطوار غير الناضجة من الحشرة ، بل يضطر الطور
اليافع الى الانسلاخ اذا عومل جسمه بجرعة هرمون خارجية عنه ٠
لقد اصبح من الملفت للنظر كثيرا ، أن مواد استيرويدية قابلة للذوبان
فى الماء من هذا النوع قد وجدت منتشرة فى نباتات عديدة ، وبعضها
يشبه الى حد كبير هرمونات الانسلاخ فى الحشرات من حيث التركيب
الكيميائى، وهى موجودة بغزارة فى المجموع الخضرى لنبات الطقسوس
(وهو من الفصيلة الصنوبرية) وكذا سويقات النباتات السرخسية٠

الهرمونات والتحـــول

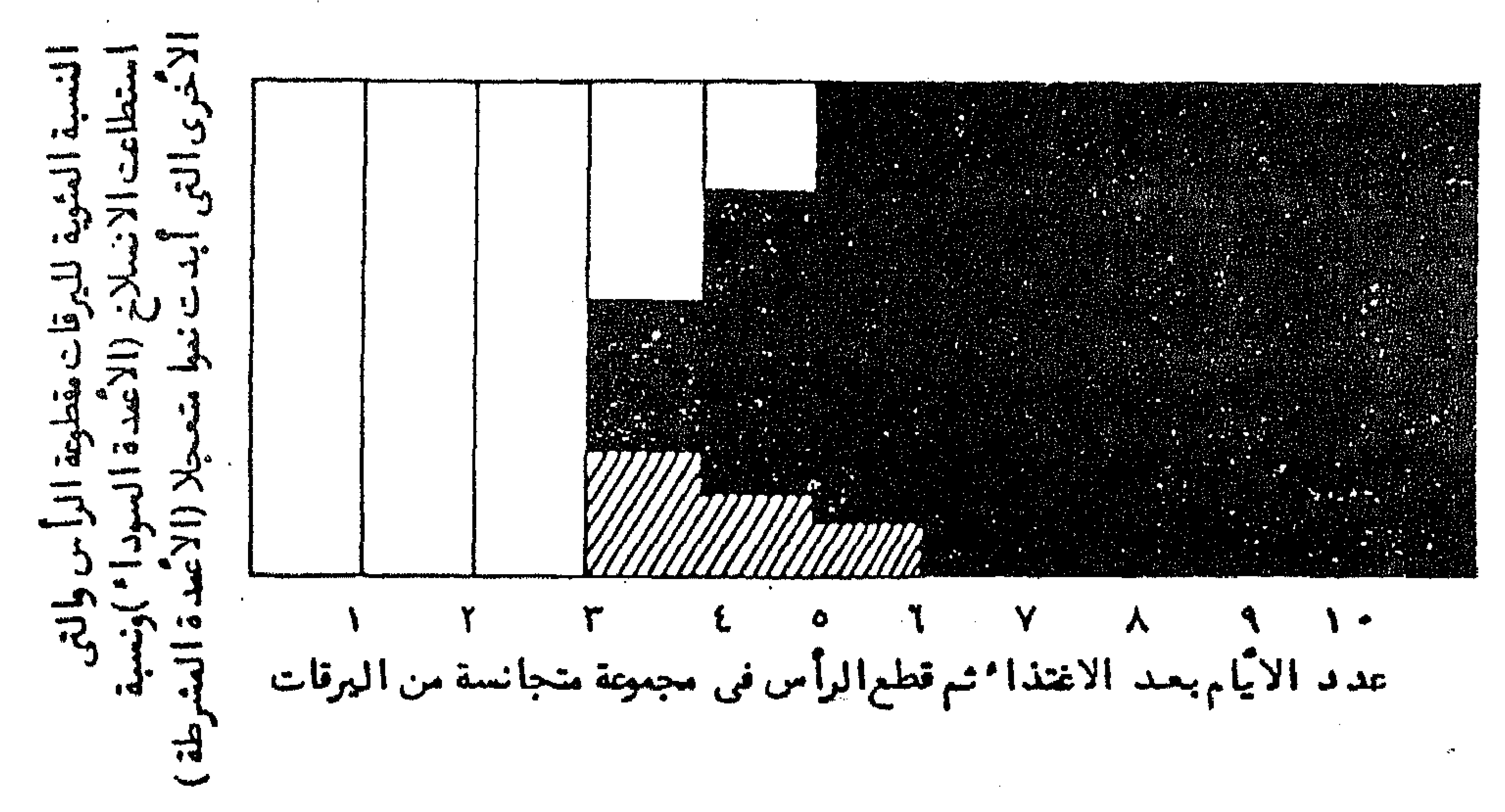
بدأ اهتمامنا فيما سبق من شرح متعلقا بعمليات بدء وتوطيـــد النمو فى الحشرات ، لكننا الان سوف نركز انتباهنا نحو التغيـــرات الحادثة فى الشكل الظاهرى للحشرة ، وان كان ذلك يعد دلالــــة مشاهدة لعملية النمو الجارية فيها ·

تعتبر بقة الرودنياس الحشرة الاولى التى أمكن من خلالهـــا التعرف على الطبيعة الهرمونية للتحكم في عملية التحول فى خيـــاة الحشرات · تمر حياة هذه البقة فى مراحل هى — بعد فقس البيضة — خمسة أدوار يرقية متشابهة فى المظهر العام · ينتقل كل دور الى مـــا يليه بعملية انسلاخ ، ولكن ينتهي الانسلاخ الاخير (للدور اليرقـــى الخامس) لتتحـــول الحشرة به الى الطور اليافع ذو الاجنحة والنضـــج الجنسى (شكل ١١ ب) · وكما رأينا عند الحديث عن هرمــــون الانسلاخ ، فان قطع رأس يرقة البقة — محل الدراسة — خلال الايـام القليلة الاولى بعد تناولها لوجبة دمواحدة ، يؤدى الى عدم تمكنها مـــن



شكل (١١) : التحول في بقة الرودنياس · (أ) الدور اليرقى الخامس · (ب) الطور اليافع العادى · (جـ) يرقة عملاقة (دور إضافي هو السادس فى العدد) نتجت بعد نقل غدة كوربس الاتم من دور يرقى رابع ثم استزراعهما فى يرقة من الدور الخامس ·

النمو او قدرتها على تكوين جليد جديد (وهو الدلالة المظهرية لحدوث عملية انسلاخ) • واذا تم قطع رأس اليرقة بعد مضى اسبوع أو أكثر من تناولها لوجبتها الغذائية ، فانها تستطيع أن تكمل عملية النمو وتكوين الجليد الجديد ، الا أنها تصبح غير قادرة على خلع جلدها القديم وطرحه عن جسدها• وبناء على هذه المعلومات ، فان" فترة حرجة" Critical Period فى حياة اليرقات يمكن تحديدها بدلالة الاستكمال السريع لتكون الجليد فى مستوى حرج من النشاط (شكل ١٢).



شكل (١٢) : الفترة الحرجة فى الدور اليرقى الثانى أثناء حياة بقة الرودنياس• يتضح من الرسم فشل تنفيذ عملية الانسلاخ فى اليرقات بعد قطع رؤوسها بثلاثة أيام• النسبة المئوية لليرقات القادرة على تنفيذ الانسلاخ ترتفع لتصل الى ١٠٠٪ أثناء الفترة الحرجة (الأيام ٣ـ٥ : الأعمدة السوداء)، فيما بين اليرقات التى انسلخت بعد قطع رؤوسها أثناء الفترة الحرجة : تناقص نسبة المنسلخ توضح عملية التحول المتعجل (الأعمدة المشرطة) •

عند اجراء عمليات قطع الرأس لعدد كبير من يرقات هذه البقة (فى أدوارها الثانى والثالث والرابع) وهى لا تزال فى الفترة الحرجة وجليدها القديم قد بدا منخلعا من الجسم حيث تمت عملية الانسلاخ ؛ فان كثيرا من هذه اليرقات تخضع لتحول متعجل (Precocious metamorphosis) , فتنمو الى شكل يافع ضئيل الحجم (شكل ١٢). يدلنا هذا بشكل قاطع على أن فى رأس اليرقة ينتج هرمونا متخصصا فى ايقاف (أو منع) عملية التحول فى جسم الحشرة•

ولقد أدت هذه التجارب الى اكتشاف غدة الكوربس الاتـــم (Corpus allatum) (يوجد منها زوج فى أغلب الحشرات ويسمى كوربورا الاتا) ، وهى غدة صماء صغيرة الحجم مرتبطة ارتباطا وثيقا بغدة الكوربس كاردياكم (شكل ٤)، وهى مصدر هرمون يسمى " هرمون الشباب أو الصبا أو الحداثة" (هـ ش) Juvenile hormone ، هو الذى يعمل على منع حدوث عملة تحول الحشرة الى طورها اليافع.

وزيادة فى الايضاح ، فان يرقة بقة الرودنياس تقوم بافراز هذا الهرمون اثناء الساعات الاربع الاولى فى حياة كل دور يرقى ، ولكن فى الدور اليرقى الاخير لا تقوم الغدة المسئولة بافراز هرمون الشباب بالقدر المطلوب لتوطيد الصفات اليرقية ، ومن ثم تحدث عملية تحول يفوعية فى شكل الجسم. ولقد وجد أن استئصال غدة الكوربس الاتم من الادوار اليرقية المبكرة* ثم استزراعها فى بطن الدور اليرقى الاخير (أى الخامس) ، لايؤدى الى انسلاخ هذا الدور الى طور يافع – كالمعتاد – وانما الى دور يرقى اضافى عملاق (شكل ١١ ب) .

من الملاحظ أن ميكانيكية التحكم فى التحول تحدث فى كل الحشرات ، فالحشرات العصوية العملاقة Carausius ، ويرقات فراشة الدقيق العملاقة Tenebrio يمكن ان تتكون اذا زرعت فى اجسامها غدد صم حديثة من نوع كوربس الاتم . وعلى العكس من ذلك ، فان ازالة زوج الغدد المذكور من احدى يرقات دودة الحرير حديثة السن ، تتسبب فى تحولها الى عذراء بالغة الصغر والتى بعد فترة تخرج منها فراشة ضئيلة الحجم ، لكنها قادرة على وضع البيض (شكل ١٣) .

ولعدة سنوات ماضية لم يتم التعرف على نظام التحكم فى التحول فى الانواع الراقية من الذباب ، وان كان معروفا انه عند نقل غدة كوربس الاتم من جسم بقة الرودنياس الى جسم يرقة الذباب الازرق

* يقصد بذلك جميع الادوار اليرقية منذ لحظة فقس البيض حتى قبل ظهور الدور الاخير مباشرة (المترجم) .

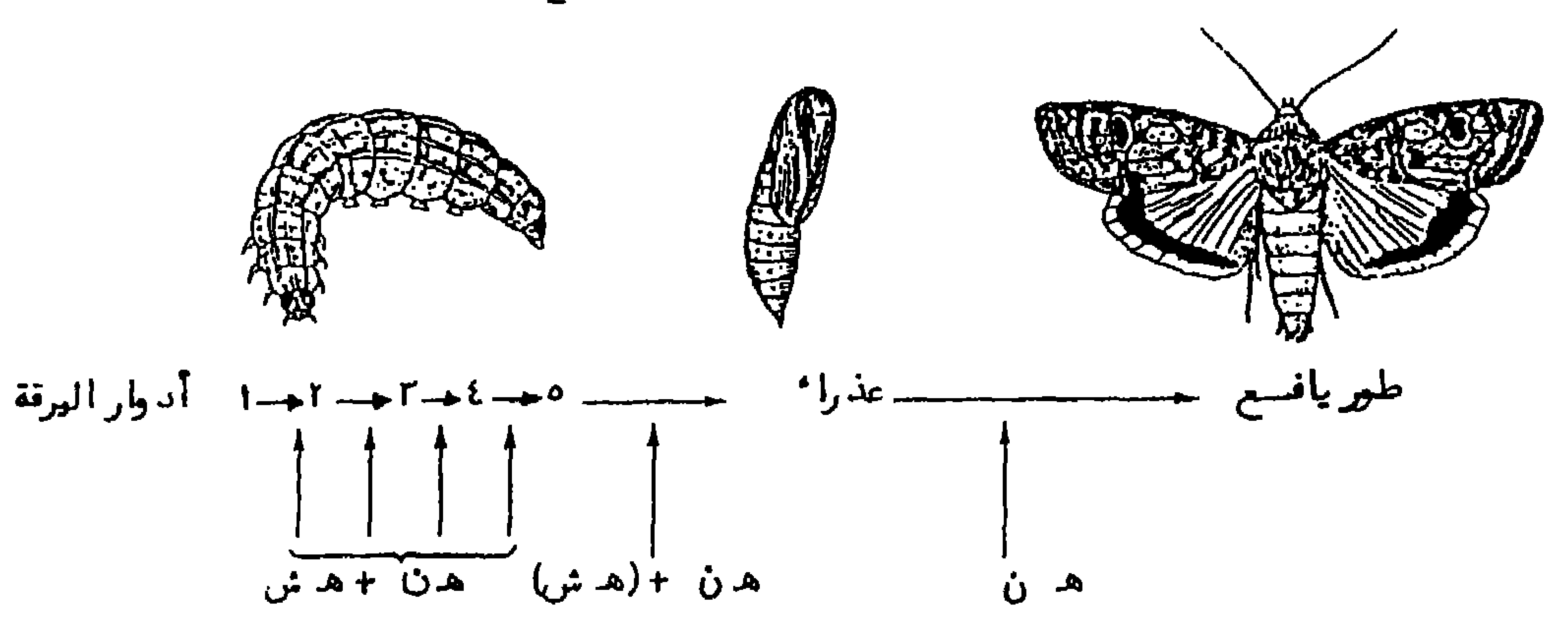


شكل (١٢) : (أ) عذراء دودة الحرير ناتجة بعد إزالة غدد كوربورا ألاتا من إحدى يرقات الدور اليرقي الثالث • وعلى يمينها عذراء نتجت بعد إزالة نفس الغدد لكن من الدور اليرقي الرابع • ثم عذراء عادية تحولت من الدور اليرقي الخامس دون إزالة شيء منه • (ب) الطور اليافع الناتج من كلٍّ من العذارى الثلاثة السابقة •



، Calliphora مثلا ، فانها تقوم بافراز هرمون الشباب فيهـا •
ولقد ثبت حديثا أن نفس الاسس العامة لنظام التحكم فى عمليـة
التحول موجودة فى حشرة الدروسوفيلا ، Drosophila وغيرها
من الحشرات ذوات الجناحين •

فى الحشرات الراقية — كالحشرات حرشفية الاجنحة والحشرات غشائية الاجنحة — حيث يكون التحول كاملا ×× ، يقوم التركيز العالى من هرمون الشباب المطروح فى الدم بالعمل على ابقاء الشكل البرقى (أى الصفات الشبابية فى الحشرة) ، ولكن اذا هبط هذا التركيز الى مستوى منخفض جدا ، فان اليرقة لا تنسلخ الى يرقة أخرى وانما تنسلخ لتتحول الى عذراء ، ثم ان اختفاء هرمون الشباب نهائيا فى هذه العذراء يؤدى الى امكانية تحولها الى طور يافع (شكل ١٤)



شكل (١٤) : فى الحشرات حرشفية الأجنحة : تظهر الأشكال اليرقية نتيجة وجود تركيز عال من هرمون الشباب هـ ش فى وجود هرمون الانسلاخ هـ ن . بينما تظهر عذراء الحشرة فقط اذا كان هرمون الشباب موجودا بتركيز منخفض جدا (وهو المشار اليه فى الرسم بحاصرتين هلاليتين تحيطان حروف المختصرة) أما الطور اليافع للحشرة فيظهر فى وجود هرمون الانسلاخ بمفرده فقط .

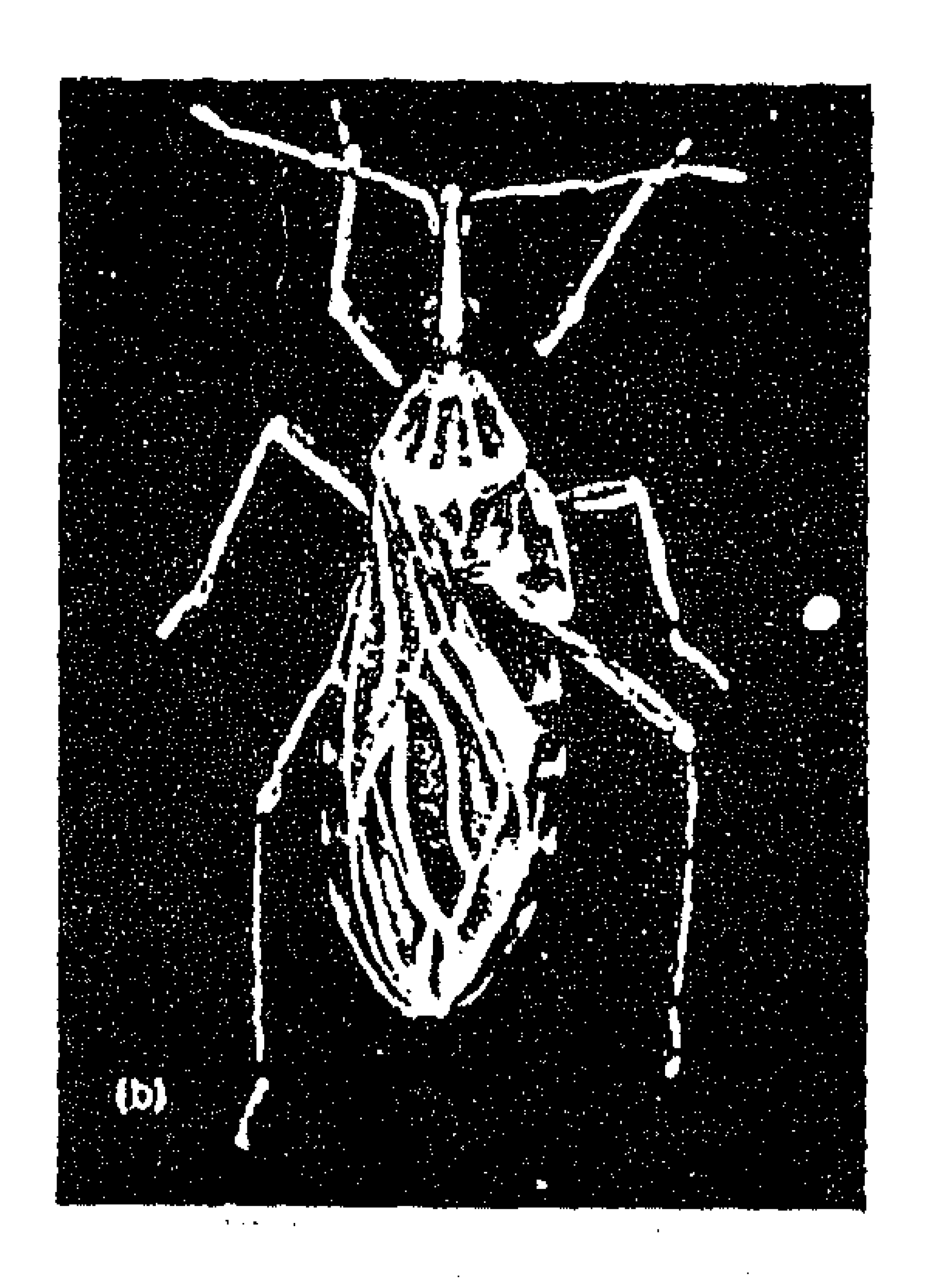
اذا تمت ازالة عدد الكوربورا الاتا من آخر دور يرقى فى نحل العسل او احدى يرقات الحشرات حرشفية الاجنحة ، فان اشكالا غريبة تظهر يحتار المرء فى تمييزها أهى عذراء أم هى طور يافع ، لانها تكون وسط بين هذا وذاك ، والذى حدث هنا هو قيام اليرقة منزوعة الغدد بالتحول مباشرة الى الطور اليافع دون المرور بمرحلة (أو طور) العذراء معنى ذلك أن استئصال غدد كوربورا الاتا من أحد الادوار اليرقية

×× أى تمر دورة حياتها فى الاطوار الآتية : بيضة — يرقة — عذراء — حشرة يافعة (المترجم) .

يوءدى به الى تجاوز دورها اليرقى الاخير واضطراره الى التحول مباشرة الى طور يافع (أى مكتمل الشكل الحشرى) • ويمكن سفيذ هذه التجربة ببساطة فى الدور اليرقى الاخير لحشرة فراشة الشمع فيربط البطن عند نهاية العقلة الصدرية الوسطية ، ثم يغمس يوميا فى محلول من هرمون الانسلاخ الذائب فى الميثانول (وهو المذيب المناسب له) لمدة كافية تسمح بمروره خلال جليد الجسم ، فنشاهد ما يلى :اذا حدثت عملية الغمس اليومى لبطن اليرقة فى محلول هرمون الانسلاخ، بعد عملية الربط مباشرة فان كمية كافية من هرمون الشباب تكون حاضرة وهى التى توءدى الى تكوين الشكل العذرى ، بينما اذا تم الاحتفاظ باليرقة مربوطة البطن لمدة ١٠أيام دون معاملة خارجية بالهرمون لها، فان هرمون الشباب يختفى من الدم ، ومن ثم ينمو جليد جدار الجسم فى هذه المنطقة البطنية ليأخذ شكل الطور اليافع ، حيث توجد عليه حراشيف •

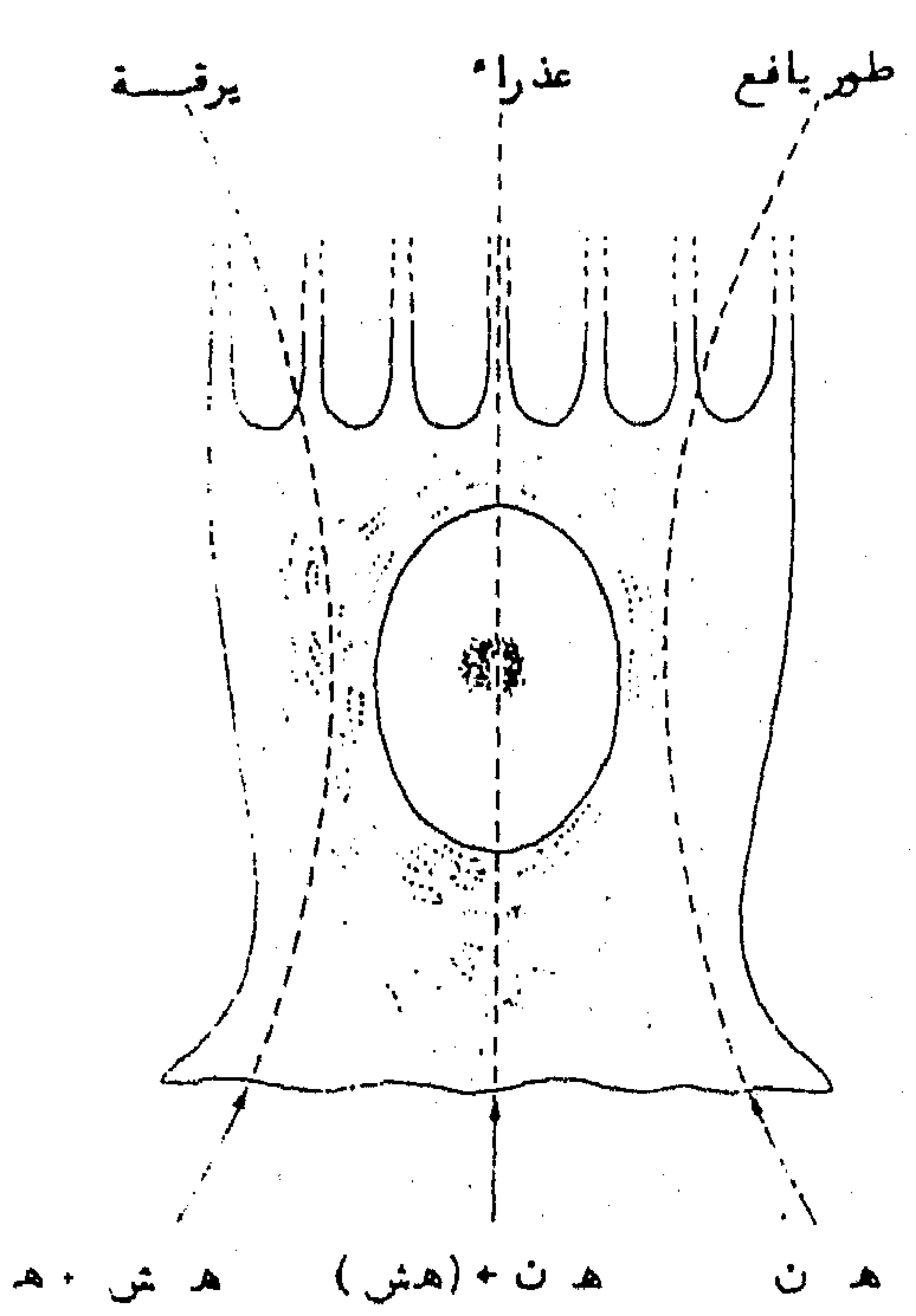
طبيعة عملية التحول :

. يوءدى هرمون الشباب دوره بطريقة موضعية على خلايا البشرة فى جدار الجسم• فلقد وجد عند استزراع غدة كوربس الاتم فى جسم يرقة نامية ، أن جدار الجسم فى موضع ادخال هذه الغدة المستزرعة ينسلخ الىجدار يرقى جديد ، بينما تتحول بقية الجسم الى شكل يافع (شكل ١٥) . ويبدو أن هذا الهرمون يوءثر فى جينات خلايا البشرة سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، فينشط او يحرر الجينات المسئولة عن الصفات اليرقية ، ويثبط (أو يوقف) عمل تلك المسئولة عن ظهور صفات الطور اليافع(شكل ١٦) • أما الجينات المسئولة عن ظهور شكل الطور العذرى ، فانها تحفَّز للقيام بعملها فقط عند وصول هرمون الشباب الى تركيز منخفض فى الدم ، ويشترط لذلك وجود هرمون الانسلاخ معه(شكلا ١٤ ، ١٦) • يوضح لنا المثال السابق، كيف تتحكم تغيرات العامل التشكلى (أى الهرمونات) فى ظهور الاشكال الجسدية المختلفة فى حياة الحشرة•





شكل (١٥) : (أ) القطع الظهرية فى بطن الطور اليافع من بقة الرودنياس ويتضح فيها وجود عقلة واحدة ذات مظهر يرقى نتيجة لتأثير المعاملة الموضعية ليرقة من الدور اليرقى الخامس، بهرمون الشباب (مادته الخام مستخلصة من دودة الحرير العملاقة) . (ب) الطور اليافع وبه الجناح الأيمن فى شكل بداءة جناحية (من المعتاد ظهورها فى اليرقات)، تحول من يرقة عوملت بنفس الطريقة المشار اليها سابقا .



شكل (١٦) : تخطيط نموذجى للتحكّم فى عمليات التحوّل فى الحشرات . النُظُـم الجينية موضحة على الترتيب: المسئولة عن الشكل اليرقى ، المسئولة عن الشكل العذرى، ثم المسئولة عن الشكل اليافع . ويأتى نشاطها فى خلايا بشرة جدار الجسم بفعل تناقص تركيزات هرمون الشباب .

تضطر خلايا البشرة فى جدار جسم الدور اليرقى الاخير من بقة الرودنياس — بسبب تعريضها لجرعة خارجية من هرمون الشباب — الى تكوين جليد يرقى جديد (وكان المفروض أن يتكون جليد الطور اليافع) وقد امكن فى الاونة الاخيرة السيطرة على وتوجيه خلايا البشرة الى تكوين جليد الطور اليافع فى اوقات مختلفة وفى مواضع متفرقة من جسم اليرقة ، كما أمكن تغيير عنصر الى آخر فى مادة الجليد دون اعتماد احدها على الآخر. كما يتم التغيير دون الاعتماد على الانقسام الخلوى او تخليق مادة حمض الريبوز النووى الديزوكسى (د.ن.أ DNA) ، بَيْدَ أن تراكيبا معينة (كالاجنحة مثلا) لا تخضع لهذه العملية ، فانها تواصل النمو حتى فيما بعد اكتمال عمليات التحول . بالاضافة الى هذا ، ففى دودة التبغ المقرنة اثناء تغير الاتجاه من البرمجة للانسلاخ اليرقى الى البرمجة للانسلاخ العذرى ، لايوجد تخليق واضح لمادة د.ن.أ ، أما خلال الفترة اللاحقة لنمو الطور العذرى والتى تسبق تكوين جليد الجسم لابد — بالطبع — من وجود انقسامات خلوية عديدة وتخليق لمادة د.ن. أ.

يعتبر المخ مسئولا عن تحديد مواقيت التغيرات ا لحادثة فى تركيز هرمون الشباب ، حيث تستقبل غدة الكوربس الاتم محاور الخلايا العصبية الافرازية الجانبية الاتية من منطقة مهاد المخ (Pars intercerebralis) ، وهى التى تتحرر افرازاتها داخل هذه الغدة لتقوم بتحفيزها على انتاج وافراز هرمون الشباب . ومن المحتمل ان تعمل امتدادات ألياف المخ العصبية الداخلية فى هذه الغدة كعنصر تثبيط للنشاط الافرازى فيها. بعد تناول الدور اليرقى قبل الاخير من بقة الرودنياس لوجبة غذائية وفى خلال الساعات العشرين التالية لذلك يمكن اجراء عملية كى كهربى Electrocauterization , والذى يؤدى الى منع ظهور النشاط الافرازى لغدة كوربس الاتم (أى لا يفرز هرمون الشباب) ، وبناء عليه فلا تستطيع اليرقة أن تنسلخ لتتم المرحلة اليرقية كاملة ، وانما تنسلخ متحولة الى طور يافع ، أى أنها تتعدى الدور اليرقى الاخير وتتحول مباشرة الى طور يافع نتيجة

لهذه المعاملة الكهربية* • أما اذا نفذت عملية الكى الكهربى بعد مضى ٢٤ ساعة من تناول الوجبة الغذائية فى الدور اليرقى الرابع ، فانه يستطيع الانسلاخ الى الدور اليرقى الخامس • ويستنتج من هذا ان غدة كوربس الاتم يبدو أنها تطرد هرمون الشباب منها بمجرد انتاجه ولا تقوم بتخزينه•

فى بداية حياة الدور اليرقى الاخير فى الحشرات حرشفية الاجنحة يلاحظ افراز هرمون الشباب بمعدل عال• وضحت هذه النتيجة من خلال دراسة التأثير التشبيبى , Juvenilizing effect لغدد كوربورا الاتا المنقولة من يرقات حديثة الانسلاخ ، وأيضا عن طريق التحليل الحيوى , (Bioassay) لهرمون الشباب فى الدم• واثناء التناول المتواصل للغذاء ، يصل حجم اليرقات المغتذية فى هذه الحشرات الى قدر معين عنده يلاحظ توقف افراز هرمون الشباب، ثم اختفاوءه تقريبا من الدم • ما الذى يحدث لكى يتم ذلك ؟ تصل الى المخ انطباعات حسية تدله على ما وصل اليه الجسم من حجم، وتعمل هذه الاشارة من أجل تثبيط افراز هرمون الشباب • وفى بعض الحشرات كالدودة المقرنة يمكن معرفة هذه الحالة بوصول الرأس لحجم معين لها ، وعند ذلك يلاحظ توقف افراز هرمون الشبلب •

باستثناء الحشرات عديمة الاجنحة البدائية ، فان الحشرات لا تنسلخ ابدا بعد وصولها الى الطور اليافع ، وذلك لان الغدد الصدرية الصم تتحطموتختفى فى أجسامها فى هذا الوقت ، وحتى اذا أجبر الطور اليافع فى حشرة ما بطريقة تجريبية على تكوين جليدا جديدا لجسمه (بواسطة حقنة بهرمون الانسلاخ مثلا) ، فان الجليد الجديد المتكون يكون من نوعجليد الطور اليافع نفسه • بينما اذا زرع لهذه الحشرة البالغة زوج من غدد كور بورا ألاتا نشطة فى ذلك التوقيت ، فان مساحات معينة فقط من الجليد تنسلخ الى جليد يرقى ، وأما الباقى فعلى وجه العموم لايمكن تحويله الى مثل ما آلت اليه هذه المساحات المحدودة• ومن الحشرات التى يمكن اجراء هذه

---

* " حيث تحطمت بواسطتها الخلايا العصبية الافرازية فى منطقة مهاد المخ(المترجم) •

التجارب فيها : الحشرات نصفية الاجنحة مثل Rhodnius , Oncopeltus ، ابرة العجوز Labidura ، والحشرات حرشفية الاجنحة مثل Galleria .

أما على المستوى الجينى ، فان هذه الحالة تحدث نتيجة اعادة تنشيط الجينات المسئولة عن الصفات البرقية — الى حد ما — والموجودة فى خلايا جسم الطور اليافع من حياة الحشرة.

التفاعل والمشاركة بين الهرمونات للتحكم فى النمو :

لقد أضحى واضحا من الشرح السابق أن هناك تغيرات دقيقة فى تحديد ميقات أو توقيت وكذلك تركيز افراز هرمون الشباب ليقوم بالتحكم فى عملية التحول داخل جسم الحشرة . وستظل هذه الصورة غير كاملة اذا لم تأخذ فى الحسبان تلك الافرازات التنظيمية الموجودة فى الاجزاء المختلفة من جهاز الغدد الصم فى الجسم.

فى الدور البرقى الاخير لبقة الرودنياس ، تقوم الخلايا العصبية الافرازية فى المخ بمرحلتين متواليتين لافرازها الهرمون التنشيطى : تبدأ المرحلة الاولى بعد عملية الاغتذاء مباشرة وتنتهى بالفترة الحرجة فى حياة البرقة ، حيث يثبط تحرر افراز قابل للانصباغ بصبغة معينة، وربما يحدث هذا بواسطة هرمون الانسلاخ الذى يصل تركيزه الى الحد الاقصى فى ذلك التوقيت . ثم عند حلول وقت الانسلاخ تجرى المرحلة الثانية لافراز الهرمون التنشيطى من المخ. الا أن الافراز فى هذه المرة يبدو محتويا على عدد من الهرمونات المسئولة عن عملية الانسلاخ نفسها وكذا التى لها دخل فى تحطيم الغدد الصدرية الصم ، والتغيرات الارتدادية فى عضلات معينة.

كما رأينا ، فان افراز وانطلاق هرمون الانسلاخ فى بقة الرودنياس يحدث فى وقت لاحق لافراز هرمون المخ التنشيطى ، وربما يتم هذا حتى اثناء ابتلاع الوجبة الدموية الكبيرة التى يتناولها كل دور يرقى فى هذه البقة . أما فى الحشرات التى تظل يرقاتها فى حالة

اغتذاء مستمر اثناء دورها الاخير[x] ، فان افراز هرمون الانسلاخ يحدث أيضا فى مراحل ، ففى خلال الفترة المبكرة من يرقة احدى حرشفيات الاجنحة ، لايزال هرمون الشباب يجرى مع تيار الدم العام، لايوجد افراز لهرمون الانسلاخ. عندما يتوقف افراز هرمون الشباب ، فان الهرمون التنشيطى ينطلق من المخ ، وبعده مباشرة تنطلق أول دفعة من هرمون الانسلاخ من الغدد الصدرية الصم . وفى حشرة كالفراشة الارنبية Cerua فمن الواضح على مدى السنوات الماضية أن هذا يوءدى الى بدء توقف عملية الاغتذاء فى اليرقة ، والى تفريغ المعى ، والى تغيرات اللون الحادثة بتحويل الزائد من الحمض الامينى الزائد المتبلر المسمى تربتوفان Tryptophane الى أصباغ بنية محمرة اللون تسمى " أوموكروم" Ommo chrome ، وكذا يوءدى الى التغيرات السلوكية. بعدها تتحول اليرقة لتبحث لها عن مكان ملائم كى تقوم فيه بعملية التعذر Pupation ، فاذا وجدته واستقرت فيه فانها تجهز شرنقتها ، وهو العمل الذى يتبعه انطلاق دفعة من افراز هرمون الانسلاخ اكبر بكثير من سابقتها ، وعلى اثرها — وفى انخفاض ذريع لمستوى تركيز هرمون الشباب — تنسلخ اليرقة فتتحول الى عذراء . ونفس هذا النظام فى عملية التحول ينجز فى حشرات اخرى كدودة التبغ المقرنة وأبى دقيق الكرنب Pieris ، و خنفساء البطاطا .

هرمون الشباب والكمون :

اذا كانت عملية التحكم فى افراز هرمون الشباب اثناء الدور اليرقى الاخير فى الحشرات حرشفية الاجنحة بسيطا ، فانه يغدو معقدا شيئا ما فى الحشرات الحرشفية التى تعتريها حالة كمون أثناء دورها اليرقى الاخير . ففى ثاقبة سوق الارز Chilo يظل افراز هرمون الشباب مستمرا بقصد ايقاف افراز هرمون الانسلاخ ، بالتالى

---

x مثل كثير من الحشرات حرشفية الاجنحة كدودة ورق القطن (المترجم) .

تبقى اليرقة كما هى دون مواصلة عمليات التحول ، الا أن الامر يختلف اذا عوملت الحشرة بمعالجة هرمونية خارجية بهرمون الشباب ، فيـوءدى هذا الى دخول اليرقات فى حالة كمون حتى وان كانت تعيش فى اضـاءة يومية طويلة ، وايضا يحدث هذا الدخول فى حالة الكمون حتـــى وان تعرضت الحشرات لتبريد الجو المحيط بها الى نحو ٥°م لمدة ٦ اسابيع متتالية. وهو الحال أيضا بالنسبة لثاقبات الذرة الاوروبية Ostrinia اما فى حشرة Tirtraea فان افراز هرمون الشباب يستمـر على مستو منخفض له ، فيوءدى هذا الى ظهور دور يرقى جديـــــــد معدوم البقع اللونية التى توجد عادة فى اليرقات العادية لهذه الحشرة . هذا الشكل اليرقى الجديد يقاسى حالة كمون غير عادية ، حيث تنسلخ عدة مرات دونما زيادة فى الحجم ،ويتعسر عليها الامر اذا ارادت أن تدخل فى انسلاخ لتتحول به الى عذراءـ وهو الوضع الطبيعى لأية يرقة فى دورها الاخيرـ ويظل هذا هو حالها حتى ينخفض مستوى تركيـــز هرمون الشباب الى حد كبير ، ويتبدى افراز نشط لهرمون الانســلاخ، عندها فقط تستطيع هذه اليرقات الضعيفة الواهنة ان تتحول الـــى عذارى .

التركيب الكيميائى لهرمون الشباب :

تحتوى أجسام أغلب الحشرات على كمية قليلة جدا من هرمـــون الشباب ، وان كانت المستخلصات الخام منها غير ذات نشاط حيـوى . الا أن فراشة دودة الحرير الامريكية Hyalophora cecropia تعد استثناءًا واضحا فى هذا الامر ، ففيها يتم تخزين كميات كبيـــرة خصوصافى الغدد المساعدة للطور اليافع فى الذكور، وعن طريق طحـــن جسم الحشرة واستخدام الاثير كوسيلة فى عملية استخلاص المركبـــات ، نحصل على مادة زيتية القوام برتقالية اللون لها نشاط حيوى مشابـــه لهرمون الشباب .

خلال البحوث التى اجريت من أجل العزل الكيميائى لهـــذا الهرمون ، أبدت المواد البرازية المطروحة من يرقات فراشة الدقيق نشاطا

هرمونيا شبابيا (قديرجع هذا الى الحشرة نفسها وقد يرجع الى نخالـــة الدقيق التى تتغذى عليها) يمكن أن يعزى الى وجود مادة الفارنيـــزول السيسكوبتريبنى Sesquiterpene farnesol (شكل ١٧أ).
ولقد أدى هذا الامر الى اقتراح ان هرمون الشباب مركبا كيميائيا قريبـــا من هذه المادة . أما بالنسبة للمركبات الكيميائية التخليقية ، فـان أحد المشتقات الايبوكسية للاستر الميثيلى لحمض الفارنيزينيك يعمل كواحـــد من أقوى المركبات ذات النشاط الهرمونى (شكل ١٧ جـ) .

وأخيرا فان المحتوى الرئيسى لهرمون الشباب فى دودة الحريـــر الامريكية هـــو المركب هـ ش "١" (والموضح فى شكل ١٧ د) ، ويختلف عن المركب الموضح فى الجزء جـ فقط بوجود مجموعات الايثيل محـــل مجموعات الميثيل المميزة للمركبات الايزوبرينوبدية) . كما أن هناك محتوى آخر تم اكتشافه فى هرمون الشباب الموجود فى نفس الحشرة، وهـــو هـ ش"٢" ، وفيه لا توجد مجموعتين من مجموعات الايثيل فى كـــل جزىء منه ، بل توجد مجموعة ايثيل ومجموعة ميثيل ، ووجـــد أن المحتوى هذا أقل نشاطا من سابقه . ويمتد الامر الى أننا قد عثرنا فـــى هرمون الشباب الموجود فى دودة التبغ المقرنة على كونه مشكلا مـــن

(أ) ك يد٢ أ يد

(ب) ك يد٢ أ ك يد٣

(جـ) (هـ ش "٣") ك أأ ك يد٣

(هـ) (هـ ش "١") ك أأ ك يد٣

(هـ) (هـ ش "٢") ك أأ ك يد٣

(و) ك أأ ك يد٣

شكل (١٧) : الصيغ الكيميائية الهيكلية لبعض المركبات ذات النشاط الهرمونى الشبابى . الشرح واضح خلال نص البحث .
(ب) الإثير الميثيلى لمركب الفارنيزول ، وهو صاحب النشاط الهرمونى القوى فى بعض الحشرات .

خليط محتوياته هى هـ ش"٢" + هـ.ش"٣" • وفى الحشرات مستقيمة الاجنحة كالصراصير والحشرات غشائية الاجنحة والخنافس ، يبدو أن المركب هـ ش"٣" هو وحده الذى يشكل هرمون الشبل كاملا • وليس من المؤكد أن عملية التخليق الحيوى التى قام بها الباحثون تستطيع انتاج هذه المادة الهرمونية ، فقد درجت هذه العمليات على استخدام مواد التربينويدات من حمض الخليك عبر مادة الميفالونيت • بينما يتطلب اشتقاق كل من الشكلين هـ ش"١" ، هـ ش"٢" طريقا جديدا يأخذ له منشأ جزئيا من حمض البروبيونيك عبر طريق مادة الميفالونيت المتجانسة• أما فى الصرصور الولود (Nauphoeta) ، فتوجد الاشكال أو (الصور) الثلاثة لهرمون الشباب متماثلة فى الحشرة ، الا أن نسب تركيزاتها تختلف فيما بينها اثناء أطوار النمو المختلفة فى حياة الحشرة؛ فيوجد مثلا هـ ش"١" ، هـ ش"٢" بنسبة مئوية عالية الى حد ما فى يرقة الحشرة ، بينما يوجد هـ ش"٣" سائدا فى دم الانثى اليافعة•

وعن طبيعة وجود هذه الهرمونات السيارة فى دم الحشرة فانها توجد مرتبطة مع " بروتينات حاملة" • كما أنها تدخل فى ارتباطات غير نوعية مع البروتين الدهنى لتنتج عنها أشكالا معقدة غير قابلة للذوبان فى الماء ، كما أنها أيضا ترتبط مع "بروتينات رابطة" ذات أوزان جزيئية صغيرة •وارتباطها مع هذا البروتين يسهل عملية انتقالها الى كافة أنواع الانسجة ووصولها الى كل خلايا الجسم• كما أن البروتينات المصاحبة للهرمونات تحميها منهجوم الانزيمات (أوالخمائر) المحللة التى لولا وجود هذه البروتينات المرافقة لاتت عليها وحللتها وأفقدتها شكلها الهرمونى• تقوم الانزيمات بافقاد هرمون الشباب لنشاطه بأن تعمل على تمئ مجموعة الايبوكسي وتحليل مجموعة الاستر الطرفية فى جزئ الهرمون• الا أن دودة التبغ المقرنة يقوم بروتينها الرابط بحماية الهرمون حماية كاملة من تأثير أنواع الانزيمات المحللة للاسترات (Esterases) والتى تتواجد أثناء فترة الحياة المبكرة فى الطور اليرقى للحشرة• ولكن قبل بدء عملية التحول فى حياة اليرقة بقليل ، يظهر نوع جديد من الانزيمات المحللة للاسترات ، يقوم بايقاف نشاط الهرمون المرتبط بالبروتين ولا يستطيع الهرمون ا ن يفلت من تأثيره

وربما يعد هذا عاملا محددا من جملة العوامل المتحكمة فى عمليات التحول • وهذا هو الحال فى خنفساء البطاطا ، فقد وجد أنه عند حقن هرمون الشباب فى جسم الحشرة ، فان تحررا سريعا للانزيمات المحللة للاسترات الكاربوكسيلية يتم فى دم الحشرة•

بالاضافة الى هذه البروتينات الحاملة او الرابطة الموجودة فى دم الحشرة ، فان "بروتينا مستقبلا" ذا وزن جزيئى كبير يوجد من أجل هرمون الشباب فى خلايا البشرة فى يرقات فراشة الدقيق ، ويعتقد انه يسهّل عمل هرمون الشباب حول جينات الانوية فى هذه الخلايا•

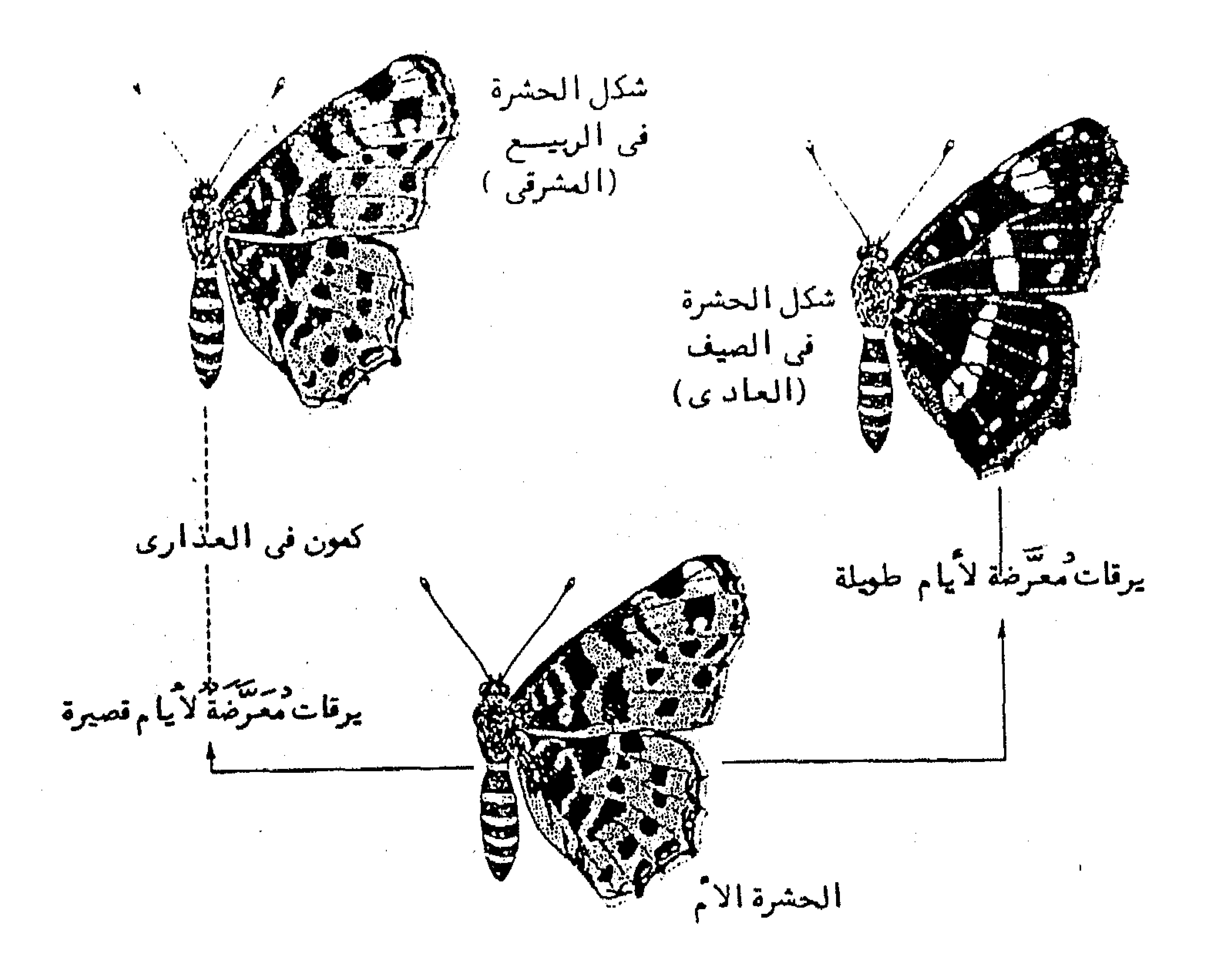
بخصوص التخليق الكيميائى لمركبات شبيهة بهرمونات الشباب، فان عددا كبيرا قد تم اشتقاقه ، ويتميز بعضها ـ وليس كلها ـ بأنها قريبة جدا من هرمونات الشباب الطبيعية حيث تبدى نشاطا هرمونيا شبابيا قويا • ولقد استخدم بعض هذه المركبات فى المجال التطبيقى كمبيدات حشرية تؤدى الى افساد لنمو الحشرة الطبيعى • وهناك مجموعة اخرى من هذه المركبات تسمى " المعجّلات" Precocenes لان استخدامها فى الحشرات يؤدى الى احداث نوموتعجل فيها، فينتقل طور ما الى ثالث دون المرور بالثانى ، وهذه المركبات امكن استخلاصها من نباتات معينة ، لتعمل كمضادات لهرمونات الشباب Antijuvenile hromones , فى حشرات معينة ـ ربما بتدخلها فى التخليق العادى لهرمون الشباب وافسادها له• وعند معاملة الاطوار المبكرة للحشرات نصفية الاجنحة بهذه المركبات ، فان تأثيرات مشابهة لحالة استئصال غدة كوربس الاتم تظهر على الحشرات ، مما يدل على أن هذه المركبات (أو انواع معينة منها) ابطلت عمل هذه الغدة الصماء فى افرازها لهرمون الشباب •

الهرمونات وظاهرة تعدد الشكل

في بعض انواع الحشرات ، تتعدد الاشكال في النوع الواحد، وكل شكل منها له بنية وراثية خاصة به ، ومثال ذلك الاشكال القائمة اللون التي تظهر في الفراشات الموجودة في المناطق الصناعية ذات الجو الملوث بالدخان والسناج • وكذلك فان أشكالا مختلفة تظهر على أفراد حشرية لها نفس التركيب الوراثي ، ويرجع ذلك الى عمل الجينات حين يحدث لها تغير معين او حين تنشط الجينات الكامنة لتصبح عاملة ، ويتم هذا طبعا بتأثير بعض عوامل البيئة المحيطة•و لايضاح الامر ، فانه يمكن تشبيه هذه التغيرات ، اساسا ، بتلك الحادثة في جسم الحشرة اثناء عملية التحول في حياتها ، حيث تبقى البنية الوراثية للحشرة كما هي وان قامت وحدات جديدة للنظام الوراثي لتبدأ عملها•

من الامثلة الموضحة لظاهرة تعدد الشكل في النوع الحشري الواحد مايلي :

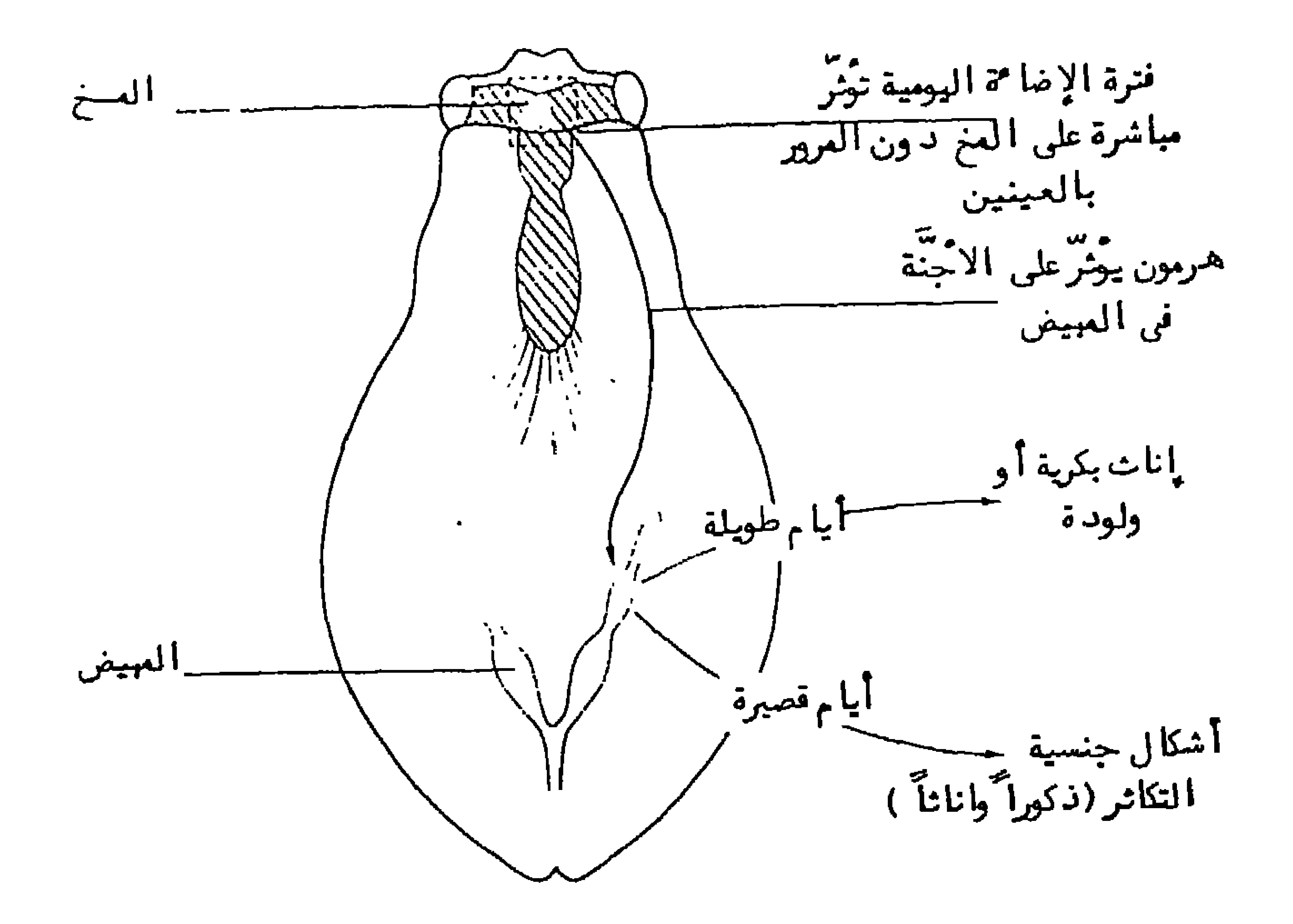
(١) تناسب النمط اللوني ليرقات الحشرات حرشفية الاجنحة مع لون الارضية التي تعيش عليها• (٢) تغير الشكل التجمعي للجراد الى شكل انعزالي غير تجمعي • (٣) التغير الموسمي في اشكال حشرات ابي دقيق • ففي أبي دقيق المسمى Araschnia levana (شكل ١٨) : تدخل العذارى في حالة كمون اذا تعرضت اليرقات ـ قبل تعذرها ـ لفترات اضاة قليلة (أي أيام قصيرة الطول)، وبعد قضاء هذه العذارى لفترة الكمون ، تخرج منها فراشات في فصل الربيع آخذة شكلا معينا هو " الشكل المشرقي" Levena form أما اذا تعرضت اليرقات لفترات اضاءة كثيرة (أي أيام طويلة الساعات) فان العذارى الناتجة منها لا تعتريها حالة الكمون ، بل تكون نشطة وتتحول الى فراشات في فصل الصيف ، تختلف عن شكل فراشات فصل الربيع ، وتأخذ التسمية "الصنف العادي" Prorsa form معنى هذا أن نوعا واحدا من الحشرات ظهر في موسم فصلي بشكل وظهر في موسم آخر بشكل مختلف ، على الرغم من أنه هو نفس النوع •



شكل (١٨) : التحكم فى حدوث حالة الكمون وظهور الأشكال الحشرية الربيعية والصيفية لأحد أنواع أبى دقيق ، وذلك بتنظيم فترة الإضاءة اليومية أثناء حياة اليرقة .

(٤) فى حشرات المن : تقوم الاناث القادرة على التكاثر البكرى — تحت تأثير التغير فى ظروف المناخ كطول الايام وقصرها — بانتاج جيل من الحشرات تكون الاناث فيه قادرة على التكاثر البكرى كشأن الامهات السابقة ، او تكون ولودا او تظهر فى شكلين مستقلين من الذكور والاناث يتم بينهما التزاوج الجنسى (أى الشقى) (شكل ١٩) ، (٥) فى النمل الابيض (القرضة) : توجد فئات مختلفة كالاشكال القادرة على التكاثر ، والشغالات والجنود (العساكر) .. الخ ، مما هو معروف فى أعشاش النمل ، والحشرات الاجتماعية من رتبة الحشرات غشائية الاجنحة عموما .

ان تحديد طبيعة معينة للتحكم فى هذه الحالات الموجودة فى الحشرات لم يتوصل اليه الباحثون بوضوح ، وان كان لديهم الدليل



شكل (١٩) : التحكم فى ظاهرة تعدد الأشكال التكاثرية فى حشرة مَن الفاصوليا والفول، وذلك بتنظيم طول اليوم (والمقصود هو فترة الإضاءة اليومية) .

على أن الهرمونات السيارة فى الدم ذات علاقة بالموضوع ،وأشهرها هرمون الشباب الذى تجمعت الامثلة الدالة على مسئولية مستوى افرازه فى الدم عن ظهور تعدد الاشكال فى النوع الحشرى الواحد ، ومن الامثلة على ذلك ما يلى :

فى نحل العسل : يتم انتاج ملكات فى الخلية فقط اذا قامت اليرقات الصغيرة فى اقراص الشمع بالتغذية الوفيرة على " الغذاء الملكى" Royal jelly . وعند تحليل هذا الغذاء الملكى وجد أنه خال من أية مادة ذات نشاط تشكلى (أى هرمون) . أضف الى هذا ، أن اليرقات التى تتغذى على غذاء النسل الخاص بالشغالات، يمكنها التحول الى أطوار يافعة تحمل صفات الملكات فقط اذا تم نثر كمية ما من هرمون الشباب على أجسامها . التفسير اذا يمكن معرفته اذا علم ان اليرقات بعد أن تتغذى على وجبات غنية بهذه المادة الملكية

يحدث تحفيز لافراز هرمون الشباب فى غدة كوريس الاتم داخل اجسامها • وأكثر من هذا ، فان النشاط المتغير فى الغدد الصم ربما يكـــون مسئولا عن تتابع الاعمال أو الوظائف المنوطة بأفراد الشغالات فى خلايا النحل • ولقد وجد أن الزيادة فى افراز هرمون الشباب هـ ش "٣" تبدو مسئولة عن تغيير فسيولوجية النحل المستقر فى خلاياه الـــى جماعات من النحل الحقلى او جماعات من النحل المراعى ، وجميعها صور لاصل واحد هو نوع حشرى معين من النحل •

فى النمل الابيض (القرضة) : يبدو أن هرمون الشباب لـه دخل فى كل جوانب ظاهرة تعدد الشكل تقريبا (شكل ٢٥) ففـى برقات ا لنمل من النوع Kalotermes أو النوع Zootermopsis يتسبب حقن كمية من هرمون الشباب فى انتاج افراد من فئة الجنود ، بينما اذا قلت الكمية المحقونة منه ، فان الفئات الناتجة من هـذه البرقات تصبح شغالات ذات قدرة تكاثرية (وهى المعبر عنها ب" الاشكال التكاثرية ا لمساعدة" * ، وقد يؤدى هذا ايضا الى توطيد الصفـات الشبابية فى الشغالات الناتجة • ويعد هذا من أوضح الامثلة لبيـان اهمية مستوى تركيز هرمون الشباب فى تحديد التغيرات الكيفية فـى أشكال النمل •

فى حشرات المن : من المعروف أن المن له فصولا فى السنـة يظهر أثناءها مجنحا Alatae ، وفصولا أخرى يظهر فيها عديم الاجنحة apterae • واذا كانت هناك عدة عوامل تتدخل فـى ظهور المن بهذا الشكل أو ذاك ، فاننا نستطيع القول بأن هرمـون الشباب فى برقات المن حينما يكون افرازه عالى النشاط تتحول البرقـات الى حشرات يافعة عديمة الاجنحة ، بينما اذا كان نشاطه منخفضا فـان الحشرات اليافعة التى تـنتج تكون مجنحة •

---

* من المعروف ان الشغالات (وتسمى احيانا "العاملات") العاديـة عبارة عن فئات فى الخلية أو العش ليست لها قدرة على العمليـة التكاثرية • (المترجم) •

فى الجــراد : من المعروف أن الجراد اما أن يكون فى حالــة انعزالية او فى حالة تجمعية، اى اما أن يكون لديه ميل للانعـــزال او ميل للتجمع • هذا ، وان كانت درجة ازدحام أعداد الافراد هـــى الحافز الاساسى لتغير نمط او شكل معيشة الجراد من انعزالية الــى تجمعية ، فان لهرمون الشباب دخل فى هذه المسألة ، حيث يـؤدى ارتفاع مستوى تركيزه فى الدم الى ظهور الجراد فى الشكل التجمعـــى، بينما يؤدى انخفاض مستواه الى ايثار الجراد لحياة العزلة• ويعتبر لون الجسم فى يرقات الجراد ذو دلالة على ذلك ، فاللون الاخضر فى أجسام اليرقات يدل على ان هرمون الشباب داخل الجسم فى حالة من النشاط العالى وقد تم افرازه مبكرا ، بينما يدل اللون البنى على انخفـــاض نشاطه الحيوى ، وليست كل صور هرمون الشباب ـ التى أشرنا اليهـا فى الصفحات السابقة ـ متماثلة فى تأثيرها بالنسبة لتحديد حالـــــة معيشة الجراد ، فقد تكون هناك صورة ذات أهمية ،وأخرى عديمـــة الجدوى ، وهكذا •

ثنائية الشكل الشقى (أو الجنسى) :

يعتبر وجود الذكور والاناث فى شكلين مختلفين رغم انهما مـــن نفس النوع الحشرى ، يعتبر هذا من أشهر الامثلة على وجود ظاهرة تعدد الشكل فى عالم الحشرات • ويحدث هذا الاختلاف ـ كما هــو الحال فى الحيوانات الفقارية ـ نتيجة للنظام الوراثى فى الجنسيـن • ومعروف فى الحيوانات الفقارية ان عمل الهرمونات الجنسية يتغلب علـــى تأثير البنية الوراثية فى هذه المسألة • وهو ذا الامر الذى تم بحثـــه فى الحشرات للتعرف على ما اذا كان الحال هو نفسه كما فىالفقاريات، وانتهت التجارب بنتائج سلبية • فازالة المناسل (مبايض أو خصى) مـــن أحد الجنسين ، ذكورا أو اناثا ، فى أى وقت ا ثناء دورة الحياة لــم يوء‌د الى ظهور خصائص أوصفات جنسية ثانوية من النوع المضاد علـــى الحشرة الخاضعة للتجربة• ولم يحدث أيضا ان تحول ذكر الى أنثـــى أو انثى الى ذكر حتى فى حالة زراعة المناسل المضادة لها داخـــــل أجسامها • الا أن هناك مثال واحد اعطى نتائج تختلف عما توصـــل

الباحثون اليه سابقا ، وهو الدودة الوهاجة Lampyris ، ففيها يخضع التحديد الجنسى فى الحشرة لتأثير الهرمونات حيث تقوم الخصيات فى الذكر بافراز هرمون منشط للذكورة Androgenic hormone والذى يؤدى عند نقل خصية ذكر واستزراعها فى أنثى من نفس النوع — الى تحويل الانثى النامية الى ذكر مكتمل الشكل الظاهرى ، يمتلك القدرة الجنسية على تلقيح الاناث.×

× أثناء بحوثه التجريبية فى الفترة ١٩٨١— ١٩٨٥م ، حصل المترجم على نتائج تشبه ما هو معروف فى الدودة الوهاجة المشار اليها فى متن الكلام. فبعد الازالة الجراحية للبراعم الخصوية فى يرقات دودة ورق القطن Spodoptera littoralis ، ثم استزراعها فى يرقات اناث مرافقة ومتزامنة معها وخالية من براعمها المبيضية ،تحولت الحشرات فظهر فيها ٣٪ فقط ذكور، بينما ظهر الباقى اناث كما هى . هذه الذكور الناتجة لم تستطع القيام بتلقيح واخصاب الاناث حينما قُدِّمت لها ، أى أنها تفتقد القدرة التكاثرية. هل يرجع ذلك الى عدم قدرة البراعم الخصوية المنزرعة فى الاناث على النمو ومواصلة نضج البيض ؟ هل يرجع الى امتصاص الجسم لهذا العضو المنزرع وبالتالى اختفاؤه؟ هل يرجع ظهور ذكور من يرقات اصلها اناث الى خروج افراز ما من البراعم الخصوية المنزرعة أدت الى ذلك ؟ هل عدم قدرة الذكور على التلقيح مرجعها الى عدم تكوين قنوات قاذفة للحيوانات المنوية بعد نضج الخصيات؟ هذه الاسئلة وغيرها جارى البحث التجريبى عن اجوبة لها فى بحوث المترجم الحاضرة والمستقبلة. (المترجم) .

الهرمونات والتكاثر

تقوم غدة كوربس الاتم بمعاودة نشاطها فى بقة الرودنياس بعدما تصل الحشرة الى طورها اليافع ، ففى الذكور لا تلعب هذه الغدة أى دور فى عملية نضج الحيوانات المنوية وانما فقط يوءثر افرازها "هـ ش "فى تنشيط الغدد المساعدة الجنسية فى الذكور وهى التى تقوم بانتاج "حاملات المنى" التى تحفظ فيها الحيوانات المنوية قبلما تنقلها الى الاناث.

وكما أدت عملية قطع الرأس فى الاطوار الاولى من بقة الرودنياس الى توقف الانسلاخ ، فانها اذا تمت للاناث فى طورها اليافع يتوقف نضج البيض ، ويعزى السبب الى فقدان الحشرة مقطوعة الرأس لغدة كوريس الاتم ، بدليل أنه عند استزراع غدة مماثلة نشطة فى منطقة بطن هذه الحشرة ادى ذلك الى استئناف عملية نمو البيض ونضجه. ويمكن الوصول لنفس النتيجة اذا عوملت هذه الحشرات معاملة خارجية كأن تحقن بهرمون الشباب النقى.

يبدو أن التأثير الاساسى لهرمون الشباب فى موضوع التكاثر يتمثل فى قيامه بت نظيم عملية ترسيب المح* داخل البيض . يلاحظ فى أى من الحشرات : الجراد الصحراوى ، الدودة المقرنة ،والرودنياس أو Oncopeltus, Dindymus (أثناء قطع الرأس او حالة التجويع الاجبارى) استمرار نمو البويضات فى المبايض بشكل عادى حتى تصل الى مرحلة ضرورة ترسيب او اضافة المح فتتوقف عن ذلك ، ثم تموت ويمتصها الجسم اذا لم يأتيها مدد مناسب من هرمون الشباب ، وهكذا يكون الدليل على أهمية هذا الهرمون فى تنظيم عملية ترسيب المح فى البويضات النامية. ومن ناحية أخرى ، فان وجود هرمون الشباب يعتبر أمرا ضروريا لحض الاجسام الدهنية فى الجسم كى تقوم بانتاج انواع خاصة من البروتينات تسمى " البروتينات المحية" (بدون نقطة على الحاء)

---

* المح هو المواد الغذائية اللازمة لنمو ونضج الجنين فى البيضة . (المترجم) .

، Vitellogenins وهى التى تطرح فى تيار الدم العام بقصد تحريكها من موقع الانتاج ونقلها الى البويضات لتشكل المركب الرئيسى لمحتوى المح فيها ٠ وهى حالة شائعة فى حشرات كالرودنياس والصراصير البيوضة والولودة وبعض أنواع أبى دقيق ٠

بالاضافة الى دور هرمون الشباب فى هذه المسألة ، فان الخلايا العصبية الافرازية الموجودة فى المخ قد تم اكتشاف دورها الذى تدلى به فى عملية تخليق البروتين المحى ٠ وهو الدور الذى وصل فى بعض الحشرات الى أنه فاق دور هرمون الشباب فى ذلك ٠ على أية حال فان غدة كوريس الاتم (وهى مصدر افراز "هـ ش) يظل وجودها مطلوبا من أجل تحفيز الخلايا المرافقة للبويضات فى المبايض حتى تتهيأ لاستقبال البروتين المحى ، وقد وضح ذلك فى حشرات كذبابة اللحم وخنفساء البطاطا والذبابة الزرقاء٠ أما فى دودة الدقيق فان الحاجة لغدة كوربس الاتم تبدو ملحة فقط عند عملية تخليق البروتين المحى ، بينما لاحاجة لها فى عملية نقله من موقع الانتاج الى حيث تخزينه داخل البويضات ، وسواء كان هرمون الشباب مطلوب لعملية او اكثر اثناء نضج المبايض او كان المطلوب لذلك هو المخ (أى هرمونه) فا ن الاخير يقوم بالسيطرة على نشاط الاول ليس فقط أثناء الاطوار الاولى من حياة الحشرة ، وانما أيضا خلال حياة الطور اليافع فيها ٠ وأكثر من هذا ، فان المخ — فى كثيرمن الحشرات — يقوم ببذل تأثير عصبى تثبيطى على غدة كوربس الاتم ، ويزداد ذلك التأثير التثبيطى خصوصا بعد اتمام السفاد ✕ ، والذى على اثره تبدأ البويضات نموها ٠

تتجلى هذه التأثيرات العصبية فى الصراصير الولودة : حيث تعمل حالة الشد الحادثة فى جدار الرحم (نتيجة امتلاوءه بحافظات البيض Ootheca) على انتاج تأثير عصبى يتسبب فى تثبيط غدد كوربورا الاتا ، وبناء عليه تتوقف عملية ترسيب المخى البويضات الحديثة العمر داخل المبيض ، ويظل الامر هكذا حتى تطرد الحشرة حافظات البيض

✕ السفاد : هو عملية تلقيح الذكر للانثى ٠ (المترجم) ٠

من رحمها • فاذا خرجت هذه الحافظات تغير الحال ، فتنشط غـــدد كوربورا الاتا مرة أخرى لتفرز"هـ ش " ليقوم بدور فى الاشراف علـــــى ا نتاج البروتين المحي وكذلك تنظيم عملية ادخاله فى البويضات بالمبايض • بيد أن قيام المخ بايقاف غدد كوربورا الاتا عن انتاج " هـ ش" يعـد ضروريا لكى تتخلص الحشرة من حافظات البيض الموجودة فى الرحـــم يطردها خارجه ، فيصبح الرحم آنذاك فارغا ، وتصبح الحالة ملائمـــة لتكوين حافظات جديدة ، وهو الامر الذى يتطلب وجود " هـ ش " مرة أخرى فى الجسم•

فاذا لم يقم المخ بهذا الدور الحاسم ، فكيف يكون الحال ياترى؟ لقد تم اكتشاف هرمون فى الذباب المنزلى تقوم به المبايض الناضجـــة (أي المملوءة بالبيض الناضج) بافرازه بنفسها بغية تثبيط ورود هرمـــون الشباب أو افرازه من غدد كوربورا الاتا ،ويسمى هذا الهرمون "الهرمـون البيضى الاستاتى" Oostatic hormone ، وبذا يوءدى الغرض الذى قام المخ بأدائه فى الحشرات ا لاخرى •

تعتبر الحشرات ذوات الذنب الشعرى (ومنها حشرات السمــك الفضى مثل Lepisma & Thermobia) اكثر المجموعـــات الحشرية بدائية ، وهى الوحيدة فى عالم الحشرات ، التي تستمر عمليات الانسلاخ والتكاثر فيها قبل وبعد اكتمال نموها الجسدى ، معنى ذلك أن الغدد الصدرية (أوالسفلية) الصم تظل فى حالة نشطة طوال الحيـاة، وتتبادل دورات الانسلاخ مع دورات التكاثر• فى هذه الحشرات لا تقـــوم غدد كوربورا الاتا بتأثير على عمليات التشكل فىالجسم الا بقدر ضئيـــل ، فهى غير ذات وجود خلال عمليات التحول فى الاطوار الاولى من الحيـــاة الا أن افرازها الهرمونى ذو أهمية فى تكوين المح اثناء الدورات التكاثرية، يمكن — بناء على هذا — ان نقترح وجود الوظيفة البدائية أو الاوليـــة لهرمون الشباب فى تنظيم العملية التكاثرية ، وأما دورة فى تنظيـــم عمليات التحول خلال حياة الحشرة فلم يعرف الا حديثا •

لايزال الدور الذى يقوم به " هـ ش " فى حياة الشكل اليافـع من الحشرات غامضا على الرغم من وجوده فى هذه المرحلة من الحيـــاة،

بدليل أنه قد تم استخلاصه من الطور اليافع فى فراشة الحرير وغيرهـــا من الحشرات • فى الذباب المنزلى والبعوض ، تقوم مبايض الاناث بنفسها بانتاج وافراز هذا الهرمون ، بقصد أن يعمل (كعمل هرمون المـخ) على تحفيز عملية تخليق البروتين المحى فى مواقع انتاجه ـــ وهى الاجسام الدهنية ـــ وما يتبع ذلك من عملية تكوين البيض • ولقد وجـــــد بالتجربة ان حقن هرمون الانسلاخ ـــأ أو استزراع غددا صدرية صم نشطة يؤدى الى تثبيط نضج البيض فى حشرات كخنفساء البطاطا والذبـــــاب المنزلى وغيرها • بينما فى بقة الرودنياس ، فعلى مدى سنوات عديـــدة ماضية ، كان المعروف أن هذا التأثير يرجع الى انتقال موقع تخليـــق البروتين من المبايض الى بشرة جدار الجسم ، وهو الذى يتحفز بتأثيـر هرمون الانسلاخ فى سبيل تكوين جليد جديد•

هناك عمليات هرمونية أخرى تجرى فى مـوضوع التكاثر سوف يتم شرحها عند الكلام عن الموضوعات : الهرمونات العصبية وكذلك الفيرومونات فيما يلى من صفحات•

كمون التكاثـــر :

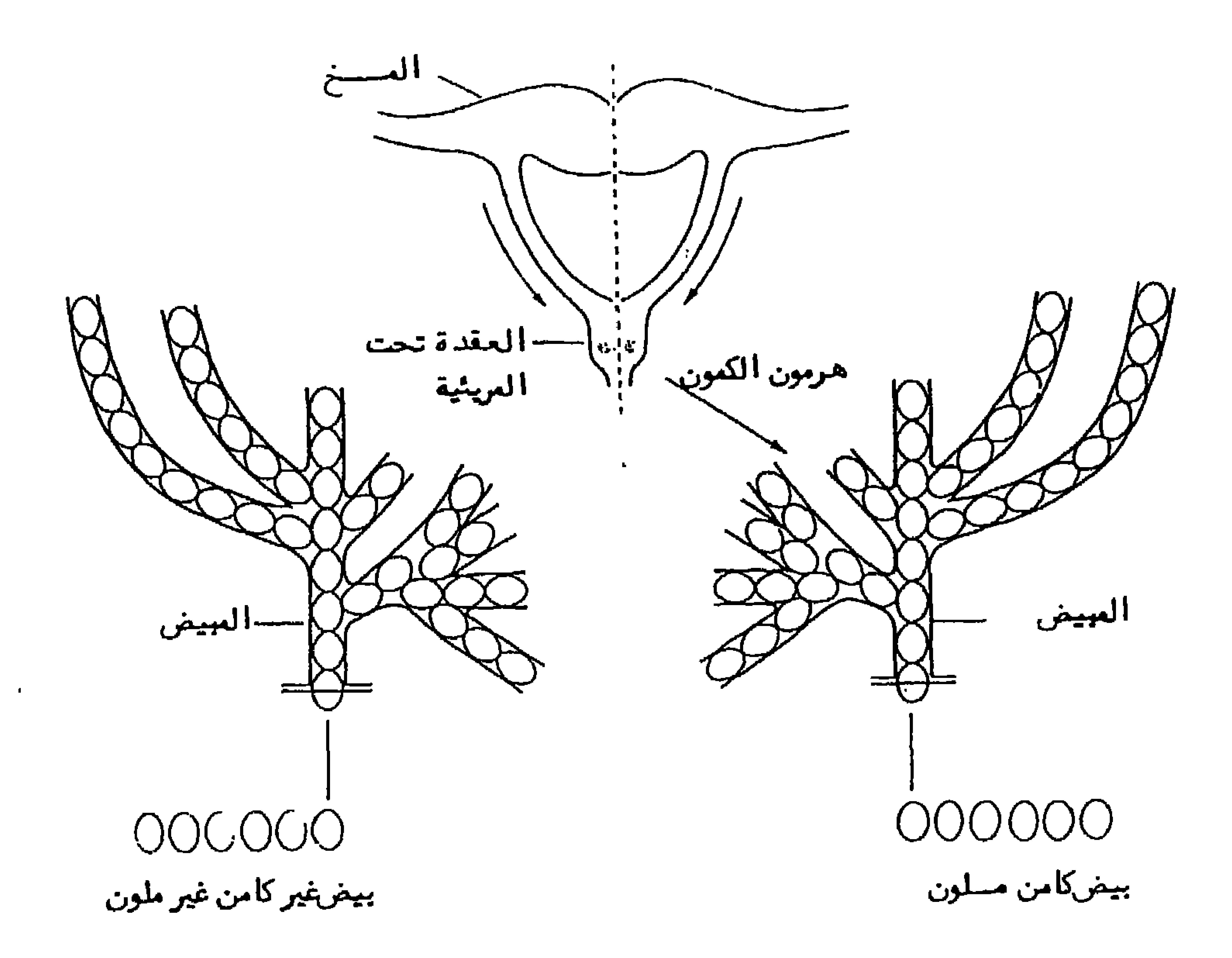
اذا كان من المعروف أن ايقاف افراز هرمون المخ أو هرمـــــون الانسلاخ فى حشرة ما يؤدى الى توقف نموها أثناء ظروف موسمية غيـــر مواتية فى السنة ، فربما يكون ايقاف افراز هرمون الشباب من غـــدة كوربس الاتم هو السبب المباشر لما يعترى الجهاز التكاثرى (فى طـــور الحشرة اليافع) من حالةخمود أو كمون أثناء مثل هذه الظـــروف • وتعتبر خنفساء البطاطا من أوضح الامثلة التى يدل هذا التوقف فيهـا على تأثيرات بعيدة المدى ، فتأخذ الخنفساء اليافعة فى حفر أنفـــاق لها فى التربة كى تستقر فيها ، وعند ذلك تضمحل عضلات الاجنحة فتصبح الحشرة غير قادرة على الطيران ، وتتوقف عملية تكون المح وتصبح المبايـــض فى حالة من السبات او السكون الوظيفى • فاذا حدث استزراع لعــــدد من غدد كوربورا الاتا النشطة فى مثل هذه الحشرة ، أدى هذا الـــى انعكاس التغيرات المذكورة ، ويستأنف التكاثر على وجهالسرعة• ومــــن

المعروف ان خنفساء البطاطا تعد واحدة من الحشرات التى فيها يكون لغدة كوربس الاتم الدور الاوفى فى تنظيم عملية ترسيب المح فى المبيض• ولكن فى حشرات اخرى كالبعوض يكون افراز المخ هو صاحب الدور الاعظم فى تنظيم هذه العملية ، كما أن بدء وانهاء حالة الكمون فى الحشرة اليافعة أثناء بياتها الشتوى يقع تحت تحكم افراز المخ ايضا • وقد لوحظ أن الخلايا العصبية الافرازية تصبح ممتلئة بالافرازات اثناء فترة الكمون — فى حشرات كبعض الزنابير والذباب المنزلى والجراد — فاذا ما أتى الكمون الى نهايته بدأت الخلايا فى تفريغ انتاجها المختزن•

حالة الكمون فى البيض :

يحدث للبيض بعد أن تضعه الانثى حالة من الكمون أيضا ، واشهر الامثلة لذلك هو دودة الحرير Bombyx mori حيث يوضع بيضها فى الخريف ويدخل حالة الكمون التى تنتهى فقط عند تعرض البيض كثيرا لبرودة الشتاء• يتأثر البيض فى مبايض الاناث خلال الخريف بهرمون يسمى "هرمون الكمون" Diapause hormone وهو الذى يحثها على الدخول فى حالة الكمون (شكل ٢٠) اما مصدر هذا الهرمون فهو خليتين كبيرتين من الخلايا العصبية الافرازية الموجودة فى العقدة العصبية تحت المريئية بالجهاز العصبى المركزى •

وسواء افرزت الحشرة هذا الهرمون (ليؤدى الى الدخول فى حالة الكمون) أو أستبقته فى خلاياها العصبية الافرازية (فلا يحدث كمون وبالتالى تعطى الفرصة لنمو البيض ووضعه) ، فانه يقع تحت تأثير فعل المخ• وهذا المخ نفسه ينتظم عمله بخبرة الام وممارستها خلال مرحلة مبكرة من الانماء ، فاذا كانت فى شكل يرقة حديثة العمر ، فانها تتعرض لدرجة حرارة عالية (٢٥°م) وفترة اضاءة طويلة (١٤ ساعة يوميا أو أكثر) ، فيقوم مخها باطلاق الهرمون وتضع هى البيض المصاب بحالة الكمون ، أما درجة الحرارة المنخفضة (١٥°م) وفترة الاضاءة اليومية القصيرة ، فيؤديان الى تأثير مضاد على الحشرة •وتدل هذه الاحوال على أن للانثى قدرة على وضع بيض يتلائم وظروف الموسم الذى فيه سوف يظهر الجيل القادم•



شكل (٢٠) : دور كل من المخ والعقدة العصبية تحت المريئية فى التحكّم فى حالة الكمون الحادثة لبيض دودة الحرير. شمال : التثبيط بواسطة المخ يؤدى الى إنتاج بيض غير كامن. يمين : قيام المخ بتحفيز عملية إفراز هرمون الكمون، حيث تقوم الخلايا العصبية الإفرازية بإنتاجه، ليؤدى الى إنتاج بيض كامن داكن اللون.

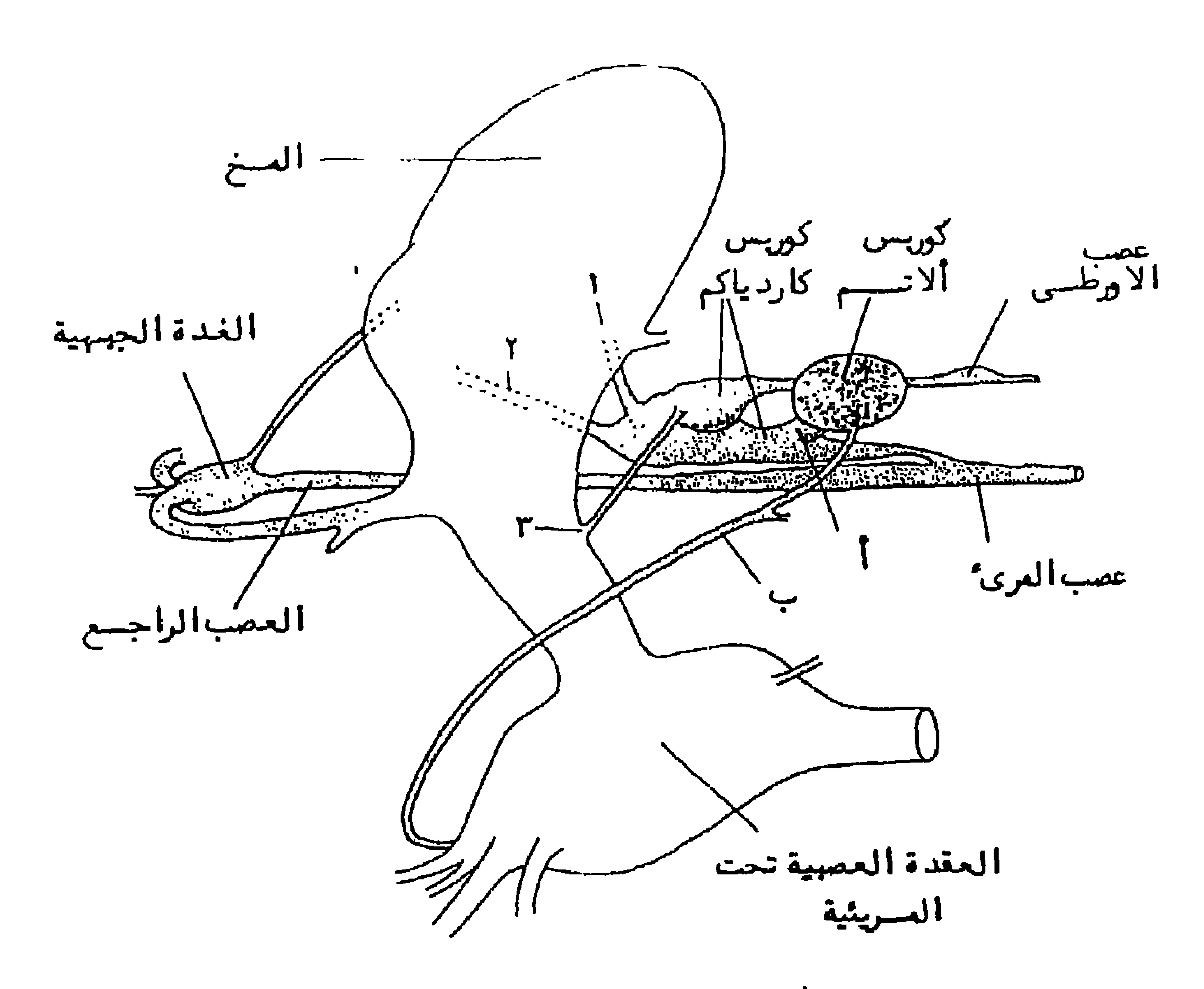
وبالنسبة للتركيب الكيميائى لهرمون الكمون فانه فى دودة الحرير يتركب من ببتيدات قابلة للذوبان فى الدهن ، ويحتوى على ١٤ حمضا امينيا ، وتستطيع الانزيمات المحللة للبروتين أن تحبط نشاطه .

الخلايا العصبية الافرازية والهرمونات العصبية

تقوم الخلايا العصبية الافرازية باسداء المدد العصبى لكثير من الاعضاء المحيطية فى الجسم ، ومنها غدد كوربورا الاتا ، الغدد الصدرية الصم ، الحلمات المستقيمية ، الغدد اللعابية ، حافظات المنى، بشرة جدار الجسم ، وأيضا عضلات القلب والعضلات بين العقلية. وفى حالة بقة الرودنياس ، تتحطم العضلات بين العقلية بعد انهاء كل عملية انسلاخ ثم يعاد بناوءها قبل الانسلاخ اللاحق ، ويقترح أن يكون افراز المخ هو الذى يقوم ب التحكم فى هذه العملية.

كما هو واضح مما سلف ، تقوم الخلايا العصبية الافرازية فى منطقة مهاد المخ بانتاج هرمونا يتوظف فى ادارة الاعمال فى الجسم اهمها تخليق البروتين المحى المطلوب لنضج المبايض ، وأيضا تنشيط غدة كوربس الاتم الصماء ، كما أن هناك مواد نشطة أخرى تنتج فى نفس هذه المنطقة من المخ ، الا أن تركيبها الكيميائى غير معروف حتى الان. وبالاضافة الى منطقة مهاد المخ ، ففى منطقة المخ الثالثة ، وفى العقدة العصبية الجبهية ، وفى غدة كوربس كاردياكم ، وفى العقدة العصبية تحت المريئية — وغيرها من عقد الحبل العصبى السفلى فى الحشرات — تنتشر خلايا عصبية افرازية متفرقة تقوم بوظائف هرمونية مختلفة.

تعمل كلا من غدة كوربس كاردياكم والجزء الرأسى من الابهر الظهرى (أحيانا) كاهم الاعضاء العصبدموية لتخزين افرازات المخ التى تصلها . أما فى العقد العصبية المنتشرة فى الحبل العصبى السفلى داخل الجسم ، فان ما تفرزه الخلايا العصبية الافرازية الموجودة بها ، ينطلق مخترقا جدر الاعصاب ليجرى فى تجويف الجسم العام، ويتم انطلاقه هذا عبر سطح كل عقدة ، أو عن طريق اعضاء عصبدموية موجودة على هيئة انتفاخات مغزلية موضوعة على الافرع العرضية للاعصاب. تسمى " الاعصاب حول السمبتاوية" Perisympathetic nerves

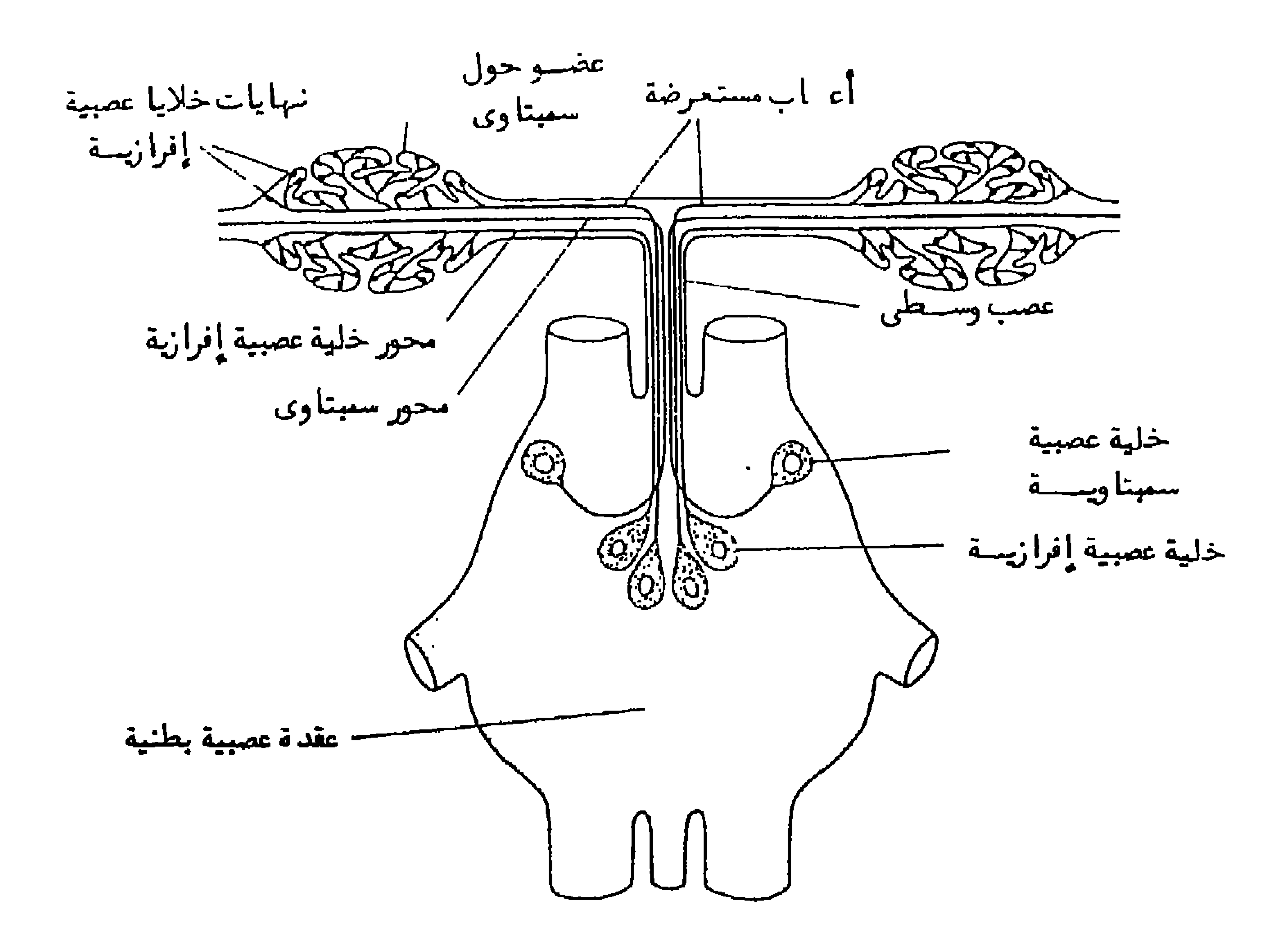


شكل (٢١) : شكل تخطيطى للمخ والجهاز العصبى السمبتاوى المرئى (وهو مظلل فى الرسم) ومبين به غدة الكوربس ألاتـم فى الجانب القريب فى الصرصور كما يرى فى منظر جانبى . تستقبل غدة الكوربس كارد ياكم ثلاثة أعصاب: ١، ٢، ٣ . بينما تستقبل غدة الكوربس ألاتـم عصبين فقط : أ ، ب .

(شكلا ٢١ ، ٢٢) . وعلى الرغم من عدم وجود معلومات كافية عن هذه الهرمونات العصبية ، فقد تعطى اللمحة التالية فكرة مناسبة عنها :

(أ) هرمون اليفوع ودورات النشاط الايقاعية :

عندما تريد الفراشة فى دودة الحرير ان تخرج من شرنقة العذراء، فان ذلك يتطلب فاعلية عالية القدر تستمدها من هرمون المخ الذى يسمى عندئذ " هرمون اليفوع" , (Eclosion hormone) يتحدد توقيت انطلاقه او تحرره من موقع انتاجه بفعل "ساعة " (Clock) حساسة للضوء موجودة داخل المخ ذاته. ومن ناحية أخرى ، فان ايقاع النشاط اليومى يبدو أنه يقع تحت تحكم ساعة الفص البصرى فى جسم



شـكل (٢٢) : أشـكال تخطيطية للأعضاء حول السمبتاوية المصاحبة للعقدة العصبيـة البطنيـة فى إحدى الحشرات العصوية . تتضح الخلايا العصبية الإفرازية فى العقدة بأطراف محاورها المنتهية بانتفاخات مغزلية الشكل على الأعضاء المستعرضة .

الصرصور ، حيث يتأثر بالضوء الساقط على العين المركبة فى الرأس . وليس لدينا الان تحديد واضح لما تقوم به الهرمونات السيارة فى الدم ازاء هذه المسألة.

(ب) التغيرات الحادثة فى جليد الطورالبالغ بعد خروجه من جلدالعذراء

بعدما تنتهى عملية الانسلاخ فى الجسم ، يظهر الجليد الحديث غضا طريا ورائقا شفافا ، مما يترك الفرصة سانحة كى يتمدد الجسم ويأخذ القالب المناسب للمرحلة الجديدة فى حياة الحشرة ، وبعد ذلك مباشرة تحدث للجليد عمليتا تصلب وتلون (او دكانة اللون) ، وتخضع عملية التصلب هذه لفعل هرمون تقوم بافرازه خلايا عصبية افرازية موجودة

في المخ والعقد العصبية الصدرية والبطنية عموما ، وتسمى العملية أحيانـا " التقسية" Tanning ومنها يطلق على هذا الهرمون اســـم "هرمون التقسية" Tanning hormone أو Bursicon (نسبة الى كلمه " تقسية" في اللغة اليونانية) .

(جـ) التغير اللونـــي :

تقوم الخلايا العصبية الافرازية في منطقتي المخ الثانية والثالثـة افراز هرمون في الحشرات الصعوية ليقوم بالتحكم في حركة أو هجـرة الحبيبات الصبغية (أي اللونية) في خلايا البشرة ، وهو الامر الـذي يؤدي الى تغيرات اللون ، بالاضافة الى ذلك ، فان هرمونا ذي طبيعة كيمياوية ببتيدية يمكن استخلاصه من العقد العصبية الصدرية في يرقـات ـوما قبل عذارى ــ الحشرات حرشفية الاجنحة ، هو المسئول عن عملية تلون الجلبد Melanization وهي ذات المادة التي تنبه الـى حدوث تكون في اجنة بيض دودة الحرير .

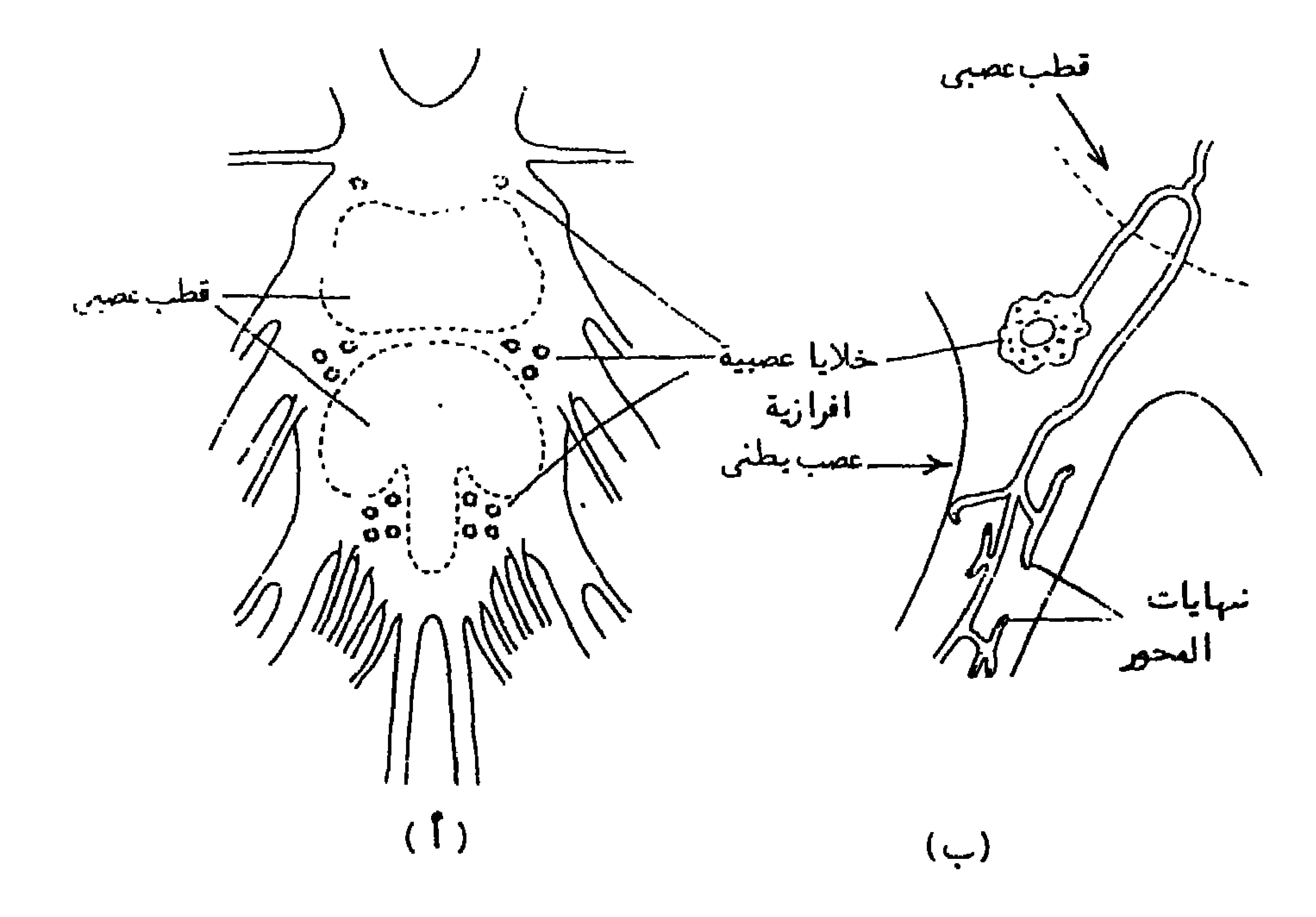
(د) ادرار البـــول :

تقوم الخلايا العصبية الافرازية في العقد العصبية البطنية لبقـة الرودنياس بانتاج هرمون مدر للبول ، وهو الذي يخرج منطلقا علـــى امتداد الاعصاب البطنية في الجسم ليوثر على أنابيب ملبيجي* فيـؤدي الى تدفق سريع للبول بعد تناول البقة لوجبة غذائية من الـدم** (شكل ٢٣) تظهر هرمونات ادرار البول في حشرات كثيرة كالصرصـور الامريكي والجراد الصحراوي وغيرهما حيث تقوم الخلايا العصبية الافرازيـة في المخ ، والعقد العصبية البطنية بانتاجها وافرازها . الا أن طبيعـة عمل هذا الهرمون ليست معروفة بالتحديد ، فهي قد توثر على وظيفـة

---

* انابيب ملبيجي اهم اعضاء الاخراج في جسم الحشرة بصفة عامة (المترجم)

** من المعلوم أن بقة الرودنياس حشرة طفيلية تتغذى بامتصاص دم عائلها (المترجم) .



شكل (٢٣) : الخلايا العصبية الافرازية فى العقد العصبية الصدرية والبطنية فى بقة الرودنياس
(أ) توزيع الخلايا العصبية الافرازية فى العقد الملتحمة للصدر والبطن معا • (ب) شكل تخطيطى لخلية عصبية افرازية فى المجموعة الخلفية توضح اتجاه المحور والنهايات المنتفخة حيث يخزن ويتحرر هرمون ادرار البول •

انابيب ملبيجى ذاتها فتحفزها كى تزيد من معدل عملها وبالتالى من سرعة وزيادة عملية ادرار البول ، او انها تذهب لتوثر بالتثبيط على أنسجة المستقيم (وهو آخر مناطق الجهاز الهضمى فى الحشرة) القادرة على اعادة امتصاص الماء من المواد البرازية المعدة للطرح خارج الجسم ، وبالتالى يكون المطروح من البول كمية كبيرة فيبدو بذلك وكأن ادراره عاليا وبصفة عامة ، ففى الحشرات يوجد هرمون يقوم بعكس ما يقوم به الهرمون المدر للبول ، يسمى "الهرمون المضاد لادرار البول " •

(هـ) التأثير العضلى المنشأ :

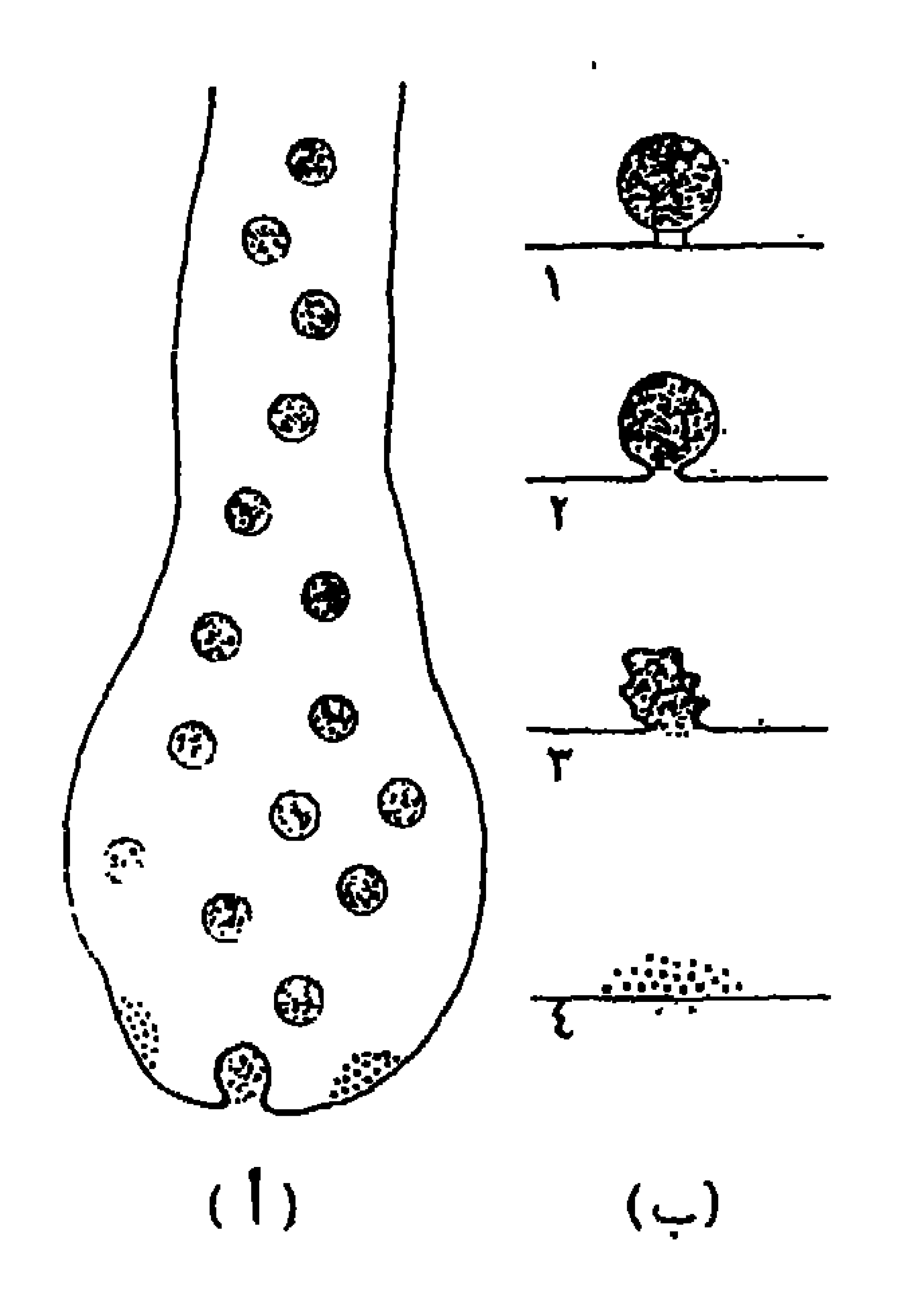
الهرمون الذى يوءدى الى ارتفاع معدل ضربات القلب واثارة التقبض العضلى فى جدر الجزء الخلفى من الامعاء فى الجسم يتم تصنيعه فى

المخ ثم يختزن فى غدة كوربس كارديياكم فى كل من الصرصور الولـــــود , (Leucophaea) والجراد الرحال (Locusta) كما أن هـــذا الهرمون ذاته يقوم بتحفيز قناة البيض وحضها على العمل ، وربما يدفـــع الحشرة ايضا الى تعجيل عملية وضع البيض قبل موعدها الطبيعـــــى • اما السبب الذى يدفع المخ للقيام بافراز هذا الهرمون فربما يكـــــون انفعالا عصبيا منعكسا يرسل من العضو المسمى" المستقبل المنـــوى " Receptaculum بتأثير حركة الحيوانات المنوية فيه • وفى بعـــض الحشرات تقوم الخلايا العصبية الافرازية الوسطية فى المخ بافراز هرمون يسهل حركة طرد البويضات فى قناة البيض ومن ثم سرعة خروجها الىحيث تضعها الانثى فى البيئة المحيطة الملائمة•

(و) التأثيرات الأيضية :

من الملاحظ أن عملية تصنيع البروتين تحدث بتأثير صادر عـــن غدة كوربس كارديياكم فى شكل هرمونات عصبية• ويوجد لدى الحشـــرات من هذه الهرمونات اثنين معروفين جيدا هما : هرمون ارتفاع معـــدل السكر فى الدم Hyperglycemic hormone وينتجه المخ ثـــم يدفعه ليخزنه فى غدة كوربس كارديياكم فتقوم الاخيرة بطرحه فى تيـــار الدم العام وقت اللزوم وبطريقة معينة• ويشبه هذا الهرمون فى عملـــه هرمون الجلوكاجون Glucagon الموجود فى الحيوانـــات الفقارية ، وهو الذى يحفز عملية تكسير النشا الحيوانى(الجليكوجيـن) وذلك بتراكم السكر (وأهم أنواعه السكر الثلاثى Trehalose فى الحشرات) فى الدم • الهرمون المسئول عن حركة الدهـــن Adipokinetic hormone : تتحمل خلايا غدة كوربس كاردياكـم مسئولية انتاج وافراز هذا الهرمون ، الذى يقوم بالحث على خـــروج وتحريك المركب الجلسرينى الثلاثى من مواضع اختزانه فى الجسم الدهنـى فينتج اثر ذلك مركب جلسرينى ثنائى فى الدم ، وهو الذى يؤدى وجوده الى دفع عضلات الطيران فى الجراد من آجل استهلاك الدهون الموجودة بها •

تستطيع الخلايا العصبية الافرازية طرح الحبيبات الافرازية المتراكمة فيها بواسطة ما لديها من نهايات عصبية ، وذلك فيما يسمى عملية " طرد خلوى خارجى "(Exocytosis) يحدث ذلك بأن تمر موجة من الاثارة الكهربية او حالة استقطاب خلال جدار محور كل خلية عصبية افرازية ، فتوءدى الى قيام حبيبات الافراز الموجودة داخلها بالالتحام بغشاء المحور ثم تطرح هذه المحتويات الى خارج الغشاء فى تيار الدم(شكل ٢٤) .



شكل (٢٤) : (أ) شكل تخطيطى لنهاية محور خلية عصبية افرازية فى عملية اطلاق الافراز بواسطة عملية الطرح الخلوى الخارجى . (ب) مراحل عملية طرح حبيبة من حبيبات هذا الافراز : ١ــ اتصال رقيق جدا بين غشاء الحبيبة وبين غلاف المحور ، ٢ــ انفتاح موقت لغلاف المحور يعرض محتويات الحبيبة ، ٣ــ المحتويات تم طرحها ، وغشاء الحبيبة ظهرت به ثنيات ، ٤ــ غلاف المحور يعود الى حالته الطبيعية ، وثنيات الحبيبة تشكل مجموعة من الحافظات الدقيقة الحجم .

بخصوص كيميائية الهرمونات العصبية ، فتبدو جميعها من النوع الببتيدى الصغير الحجم ، حيث تم تنقية وتحليل الهرمون المحرك للدهن فوجد أنه يحتوى على ١٠ أحماض امينية ، ويشبه تركيبه الى حد كبير التركيب الحمضى الامينى فى هرمون الغدة الحبيبية فى الجمبرى ، وهو المسئول عن تركيز الاصباغ الحمراء فى هذا الحيوان . يتشابه هذا الهرمون مع نظيره المسئول عن ضربات القلب لكنه يختلف اختلافا بيّناً عن نظيره الموءدى الى ارتفاع نسبة السكر فى الدم.

عند معاملة الحشرات بالمبيدات الحشرية ، فانها توءثر على الاعضاء العصبدموية تأثيرا يوءدى الى افساد عملية التحكم فى افراز وطرح الهرمونات العصبية منها ، وهو الامر الذى يوءدى الى موت الحشرة فى النهاية.

دورالهرمونات فى ايض الغذاء وكذا تأثيراتها الانعكاسية

انه ليس من السهل دائما تحديد ما اذا كان هرمونا ما يسبب تأثيرا مباشرا فى ايض الجسم ، او أن التغييرات الايضية تظهر تابعة لبعض تأثير الهرمون على عمليات اخرى كالنمو وتكوين البيض مثلا.

فى الجراد الصحراوى والصرصور الولود Leucophaea :يقوم الجسم الدهنى بتصنيع الدهن المسمى "الليبيد" Lipid وبعده ليعمل كمخزون طاقة ، كما تقوم بتصنيعه ايضا الخلايا البيضية فى المبايض بقصد اضافته الى المحتوى المحى المطلوب لها .يقوم "هـ ش" بايقاف عملية تصنيع الليبيد فى الجسم الدهنى ليترك الفرصة للخلايا البيضية كى تقوم بانتاج الكميات المطلوبة منه لتجهيز المح . تقوم العقدة العصبية تحت المريئية بانتاج وافراز " هرمون الكمون" فى اناث دودة الحرير وترسله الى المبايض ليحفز نشاط السكر الثلاثى Trehalose , ومن ثم اندماجه مع النشا الحيوانى الذى يتراكم خصوصا فى البيض المقدر عليه أن يدخل فى حالة كمون . الا أنه لايُعرف اين توءدى هذه الهرمونات تأثيراتها فى الامثلة التى اوضحنا طرفاً منها .

المرسلات العصبية

لقد تمّ استخلاص كثير من المواد ذات الخصائص العقاقيرية من الاجهزة العصبية فى الحشرات ، ولكن لم يتحدد حتى الان كم منها يتدخل فى فسيولوجية الجسم العادية.

يظهر اسيتيل الكولين تقريبا فى عملية التوصيل العصبى داخل الجهاز العصبى المركزى ، لكنه لايلعب أى دور (كما يقوم بذلك

هناك فى الحيوا نات الثديية) فى عملية التوصيل العصبعضلية، ولايوجد محمولا فى تيار الدم العام.

تعتبر مركبات الكاتيكولات الامينية ذات دور هام فى العمل كمرسلات عصبية . فمركب مضاد الادرينالين الموجود فى العقد العصبية فى الصرصور له نفس الدور الذى يقوم به نظيره فى مخ الحيوانات الفقارية ، الا أن مركب الدوبامين الموجود يقوم بدور أكبر فى هذا المضمار ، فيعمل كمرسل عصبى فى الغدد اللعابية للصرصور ودودة التبغ الامريكية ، حيث يقوم بمثل ما يقوم به الادرينالين والجلوكاجون فى كبد الحيوانات الثديية ، فينشط الازدياد الموضعى لتصنيع المرسل العصبى الدورى AMP ، وأما فى الاعضاء المضيئة الموجودة فى ذبابة النار فيعمل مركب الاكتوبامين كمرسل عصبى . ولقد أمكن الكشف عن مركب ٥ ـ هيدروكسى تريبتامين بدلالة استخلاصه من أجسام بعض الحشرات ، لكن وظيفته لم تعرف بالتحديد ، اللهم الا صورة منه (هى جاما ـ حمض البيوتريك الامينى) قد تعمل ـ كما فى الحيوانات الفقارية ـ كمسئول كيميائى اثناء الهبوط العصبى .

لا يتوفر لدينا سوى دليل ضعيف على أن للمرسلات العصبية تأثير عام فى عملية دوران الدم فى الجسم . فالاكتوبامين الذى تطلقه النهايات العصبعضلية من الجهاز العصبى السمبتاوى ، يُرسَل الى العضلة المُمِدَّة لقصبة الرجل فى الجراد ، كى يبذل تأثيرا تثبيطيا طويلا فى هذه العضلة . بينما يتوفر دليل قوى على أن المرسل العصبعضلى فى الحشرات هو مركب الجلوتاميت ؛ ففى العادة ، يكون تركيز الجلوتاميت فى دم الجراد عند المستوى الذى يمكنه به بذل تأثير قوى على الروابط او الوصلات العصبعضلية . وعلى أية حال ، فان هذه الروابط فى جسم الحشرة الحية تبدو فى حماية يسديها لها ما يسمى "حاجز الانتشار" .

الفيرومونات والمؤثرات البيئية الأولية الأخرى

تقوم أفراد الحشرات من النوع الواحد ، كغيرها من الحيوانات الاخرى ، بالتواصل فيما بينها بواسطة الروائح، ويتم التواصل بين الاجزاء المختلفة داخل جسم الحشرة بواسطة هرمونات ،و هو الامر الذى ادى الى تسمية الروائح المنتشرة فى المجتمع الحشرى باسم " الهرمونات الاجتماعية" • وبصفة أساسية ، فان مثل هذه المواد الكيميائية تؤثر فقط فى أعضاء الحس وتؤدى بالتالى الى تغييرات فى السلوك ، منها على سبيل المثال : ميول الافراد الى التجمع او الى الانتشار ، نترثم اتباع اثر الروائح المنثورة ، الترابط والتجاذب بين أفراد النوع الواحد ، اشارات التحذير والانذار ، العلامات الجنسية المترتبة على مواد الجذب الجنسى التى تطلقها الانثى ، وكذلك محركات الغريزة الجنسية التى يطلقها الذكر من غدة ذكورية مخروطية فى جسمه•

تستخدم لفظة "فيرومون" لتدل على كل مادة كيميائية تعمل على تحقيق التواصل فيما بين أفراد النوع الحشرى الواحد• ولايظن انها هرمونات ، ولكنها تدخل مجال دراسة هرمونات الحشرات من وجهين اولهما : ان الفيرومون الذى تطلقه حشرة " معطاءة" لتستقبله حشرة أخرى "مستجدية"، يقوم ببذل اعمال هرمونية فى أنسجة الحشرة التى تعاطته• وكذلك فالفيرومونات تعتبر مؤثرات بيئية أولية تتسبب فى احداث انشطة هرمونية خاصة فى الحشرة التى تتناولها • أما الوجه الثانى فهو أن الفيرومونات تعمل كخامات اولية Precursors تنتج منها الهرمونات ، ومما يلفت النظر فى هذه المسألة ان المشتقات الكيميائية لمادة الفارنيزول (التى تعد خامة هرمون الشباب الاولية) تستخدم كفيرومونات فى افراد النحل الطنان وغيره من الحشرات غشائية الاجنحة•

تقوم الملكة وأليفها بانتاج واطلاق فيرومونات تنتشر فى عش المعيشة فى النمل الابيض (القرضة) كأنواع Kalotermes وأنواع

Zootermopsis . تعمل هذه الفيرومونات المنتشرة فى العش علــى منع اليرقات الاخرى — غير الملكة — من أن تنمو الى فئات تكاثريـــــة (أى اناث او ذكور) ، وعند البحث عنها فى المواد البرازية والاخراجيـــة من مستقيم الملكة ، وجد ان لها تركيب هرمون الشباب .

وكما أن هرمون الشباب له عدة صور مختلفة تقوم بأداء تأثيـرات مختلفة فى عمليات تشكل جسم الحشرة ، فان الفيرومونات الجنسية ربما تقوم بالتأثير على عملية افراز هرمون الشباب فى الحشرة التى تتعاطاها ، فعند معاملة اليرقات فى عش النمل بمزيد من هرمون الشباب ، وجـــدت أنها تنمو آخذة الشكل العسكرى ، وهذه العساكر ذاتها تقوم باطـــــلاق مادة مثبطة لفعل هرمون الشباب أى قدرة غدة كوربس الاتم الافرازية .

مواد التأثير الجنسى× :

تستطيع الهرمونات ذات الطبيعة الكيميائية الببتيدية ، التـــــــى تفرزها الغدد المساعدة فى ذكور الحشرات ، بذل تأثيرات هامة فى اناثها . فلقد وجد فى النطاط Melanoplus وحشرة الدروسوفيلا والبعوضـــــــــة المنزلية ، ان وجود هذا الهرمون يعتبر اشارة البدء لعملية وضع البيـــض . وهناك فيرومون أو" هرمون" آخر تستقبله الانثى من الغدد المساعدة فـــى ذكور حشرة الدروسوفلا أوالبعوضة المنزلية ، يؤدى الى اضعاف القابليـــــة الجنسية ويمنع المضاجعة التزاوجية . ووجد أن فى البعوضة المنزليـــــة ، يقوم هذا الهرمون بالتأثير على العقدة العصبية البطنية النهائية ، وهى المكان الذى يؤثر فيه هرمون الشباب الذى يحفز على بدء القابلية الجنسية فـــــى الانثى الناضجة ، وهى ايضا المكان الذى يؤثر فيه عامل مايأتيها من الذكـــر ليعمل على اخمادها . وتقع هذه الغدد المساعدة تحت تأثير غده كوربـــــس الاتم فى عملها .

× الترجمة الحرفية للعنوان هو " المواد اللوءلوءية" ، وقد فضلنا استخدام الترجمة المعنوية له . (المترجم) .

شكل (٢٥) : الفئات الشكلية للنمل الأبيض الأوروبى (Kalotermes flavicollis) بعد فقس البيض، تمر المرحلة اليرقية التالية بسبعة أدوار، ثم خلال اقتران دورين يرقيين لهما بداءات أجنحة مرئية، تنسلخ هذه اليرقات وتتحول الى طور يافع له أجنحة. قد يقوم أى من هذه الأدوار اليرقية بالانسلاخ الى شكل قبل عسكرى ثم الى عسكرى كامل الشكل (أنظر يمين الرسم)، وقد يقوم أحدها بالانسلاخ وانتاج شكل تكاثرى مساعد (أى شغالة قادرة على التكاثر. (أنظر شمال الرسم).

الموءثرات البيئية الاولية لافراز الهرمونات:

يتم الحض على النضج الجنسى ونشاط التزاوج فى الحشرات بواسطة موءثرات تقع عليها من البيئة المحيطة بها : ففى الذباب الازرق يكون الموءثر هو وجود لحم عفن ،وفى كثير من الحشرات حرشفية الاجنحة يكون الموءثر هو رائحة النبات الذى تأكل منه اليرقات . وفى حشرة Antheraea polyphemus يعمل انبثاق رائحة أوراق شجر البلوط على اثارة الانثى ، فتتأثر لذلك الخلايا الغدية فى غدة كوربس كاردياكم لتقوم بتنظيم ما يسمى "سلوك المناداة" على الجنس الاخر ، وأيضا تعمل هذه الرائحة النباتية على انطلاق الفيرومون الجنسى من الحشرة . وأما فى الانثى البالغة الناضجة جنسيا ، فيقوم نفس الموءثر بتحفيز نشاط الطيران وعملية وضع البيض خلال افراز هرمون عصبى . وفى برغوث الارنب Spilopsyllus هناك عامل يعتبر وجوده ضرورى من أجل حث الذكر على التزاوج وحث الانثى على اتمام نضج بيضها داخل المبايض ، هذا العامل ينبعث من اناث الارنب الحبلى أو من

صغار الارانب حديثة الولادة • ولم يعرف بالتحديد ما هو هذا العامل اهو متطلب غذائى للحشرة ؟ أهو مؤاثر حسى ؟

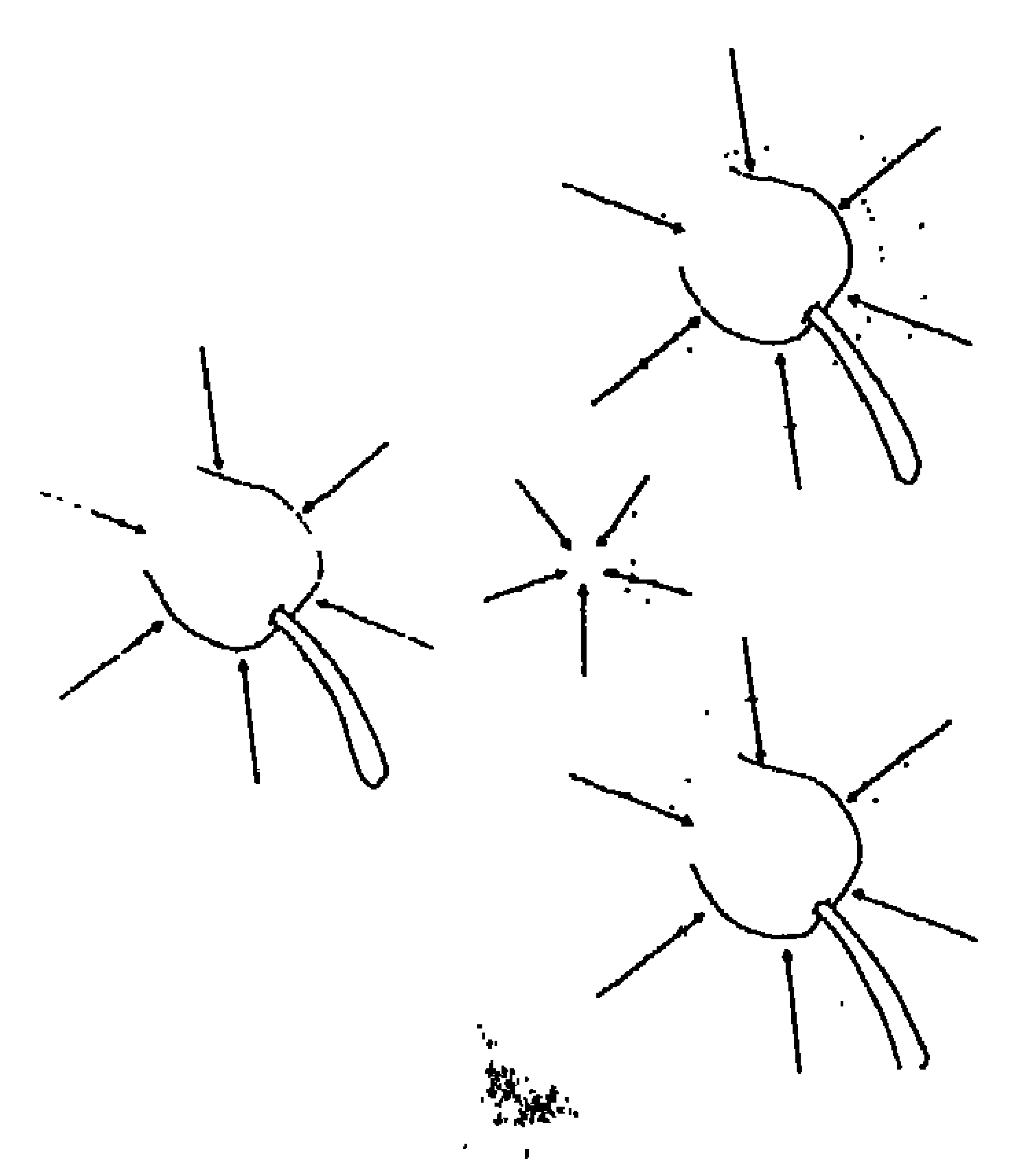
تلعب الفيرومونات الجنسية دورا رائدا بين المؤثرات البيئية الاولية لافراز الهرمونات • تقوم الروائح المنبعثة من اناث وذكور فراشة دودة الدقيق بتحفيز نمو البيض فى بطون معزولة من بعض أفراد هذه الحشرة ، وربما يحدث هذا بالحث على افراز الهرمون • كما تقوم ذكور الجراد الناضجة جنسيا بانتاج فيرومونا يساعد على الاسراع من نضج الذكور الصغيرة والاناث البكر•

ووجد فى نحل العسل ، ان الملكات تفرز مادة الخاصية الملكية (حمض ٩ — اوكسوديسى نويك) من الغدد الفكية ثم تقوم بنثرها فى أرجاء الخلية ويسهل هذه المهمة ما يجرى من عملية تبادل الغذاء بين افرادها ، وتبدى هذه المادة تأثيرات هامة على سلوك الافراد حيث تعمل كمادة جاذبة للجنس ، كما تعيق الشغالات عن بناء عيون وتربية الملكات ، وكذلك تؤدى الى ايقاف نضج المبايض فى الفئة غير الملكية • وقد يرجع هذا الى ايقاف افراز " هـ ش " من غدد كوربورا الاتا ، لان الشغالات اذا عزلت عن الملكات وحظيت بتربية مستقلة عنها فان مبايضها تنضج ، وتصبح هذه الافراد قادرة على وضع بيض • وكذلك الحال فى أفراد النمل المنزلى •

الخاتمة

تتدخل عدة مواد كيميائية من أصناف مختلفة فى تنظيم تغيرات النمو فى الحيوانات . ووجد ان منتجات من الخلايا المتضررة من جراء جرح ما ، تأخذ أحيانا التسمية " هرمونات الجرح" تعمل على بدء التئام الجرح الحادث . وكذلك فان الشكل الذى يظهر به جسم الحيوان ما هو الا نتيجة عمليات تميز يحدث خلالها أن تقوم مجموعات محكومة من خلايا مختلفة بانتاج تراكيب جسدية مخصوصة . وهناك احتمال كبير ان يكون تنظيم وضبط هذه التغيرات الانمائية و اقع تحت تأثير مواد منظمة ومواد محفزة تعمل بصفة أساسية كهرمون الشباب لتؤدى الى ظهور تباينات تراكيبية وذلك بانبعاث قدر ات متخصصة كامنة فى النظام الجينى ..


كما أن هناك من الادلة ما يوضح أن هذه المواد المحفزة يتم توزيعها فى "منحدرات" Gradients (شكل ٢٦)، وتلك طبيعة التحول الجينى المحفز والواقع تحت تحكم وسيطرة تركيزات مختلفة لمادة وا حدة ، فهرمون الشباب يتسبب فى ظهور أشكال برقية أو عذرية او يافعة ، وذلك يتوقف على تركيزه ، كما يحدث احيانا ان تؤدى جينات خاصة الى انتاج كيماويات مسئولة عن تغيرات اللون وخلافه فى انحاء الجسم.



شكل (٢٦) : مثال يوضح افتراض "الانحدار" فى عمليات الجسم الانمائية . مجموعة جديدة تظهر حيث تنفصل الاشواك الموجودة . ويعتقد أن هذا ينتج من "انحدار" لمادة حافزة — ربما تكون عادة مطلوبة وضرورية لنمو الشوكة — تمتصها الاشواك من منطقة محيطة بها مباشرة.

كل هذه العمليات تحدث فى الحيوانات عديدة الخلايا — وتحدث ايضا ولو بشكل متحور في الحيوانات الاولية وحيدة الخلايا بتراكيبها المتباينة التى تملك شيئا ما يشبه أنه هرومونات حقيقية تدور مع الدم • وكلما كانت الحيوانات اللافقارية اكثر تعقيدا واكتسبت ا جهزة عصبية اكثر رقيا ، كلما كان هناك فى نفس الوقت توافق كيميائى عن طريق الهرمونات السيارة فى تيار الدم ، والتي يتضح وجودها ودورها اكثر فأكثر • وتشغل الحشرات موقع القمة بين الحيوانات اللافقارية فى هذا الموضوع •

المترجم


.74
38
04224506